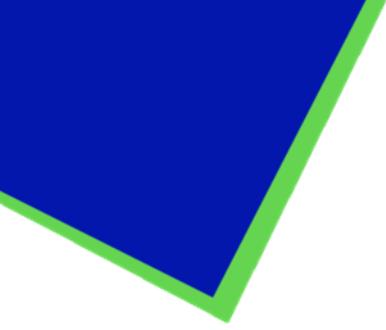




**XI
Foro
Iberoamericano de los
Recursos
Marinos y la
Acuicultura**

**Memorias
en extenso
Proceedings
2023**



XI Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura

*Fortaleciendo los objetivos de desarrollo
sostenible para la pesca y la acuicultura*

**Paul Martin Baltazar Guerrero,
Nieves González-Henríquez, Manuel Rey-Méndez,
José Javier Alió Mingo, Edgar Zapatas-Vivenes
Marcos de Donato, César Lodeiros**

Esta obra se debería citar como:

Todo el libro:

Baltazar-Guerrero P. M., González-Henríquez N., Rey-Méndez M., Alió Mingo J.J., Zapata-Vivenes E., De Donato M., Lodeiros C. 2023. XI Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura: Fortaleciendo los objetivos de desarrollo sostenible para la pesca y la acuicultura. Ediciones AFRIMAR-AFIRMA, Las Palmas de Gran Canaria, España, 821pp.

Trabajo:

Espinosa-Antón A, León Ferrer R., Ramírez-Linares N. (2023). *Sargassum* spp. de arribazón: aprovechamiento de su biomasa y oportunidades de desarrollo para la agricultura local. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. 11: 262-280.

Nota de los editores:

Los manuscritos en extenso suponen memorias de los trabajos presentados en el XI FIRMA 2022 *online* y han sido revisados por el comité editorial del libro. Las opiniones y manifestaciones científicas en los artículos, 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, quienes tienen también todo el derecho sobre ellos para su publicación por otras vías, incluyendo revistas científicas.

Composición gráfica y arte final

Marycruz García-González

garcia.marycruz@gmail.com

ISBN: 978-84-09-51861-6

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8056831>

La presente obra tiene una licencia *Creative Commons*. Todo usuario es libre de compartir, copiar, distribuir y comunicar públicamente los contenidos bajo las siguientes condiciones:



CC-BY Atribución: debe reconocer los créditos de cada uno de los contenidos de la manera especificada por el licenciante.

NC No comercial: obliga a que la obra no sea utilizada con fines comerciales.

SA Obras derivadas: permite obras derivadas bajo la misma licencia o similar.

Índice General

	Pág.
Como citar este libro	ii
Índice General	iii
Agradecimientos	xi
Auspiciado	xvi
Patrocinadores	xvi
Comité organizador del XI Firma online 2022	xvii
Conclusiones	xxii
Mejores trabajos científicos	xxv
Concurso fotográfico II PhotoFIRMA	xxix
Sesiones de trabajo	xxxvi
Sesión 1 Acuicultura y los objetivos de desarrollo sostenible de FAO	1-6
Alejandro Flores Nava	
Sesión 2 Cambio climático y su efecto en la acuicultura regional	7-14
José Aguilar Majarrés	
Sesión 3 La Acuicultura de Pequeña Escala en Mesoamérica: retos y visión	15-19
Francisco Martínez Cordero	
Sesión 4 En honor a la pesca y acuicultura artesanal	20-22
Christian Berger Cebrelli	
Sesión 5 Especies acuáticas invasoras	23-41
Gustavo Darrigran, Oscar Lasso-Alcalá, Cristóbal Villaseñor-Parada, Silvia Falco, Tomás Maiztegui, Cristina Damborenea	
Sesión 6 Restauración Ecológica	42-47
César Lodeiros, Patricia Prado, Adrián Márquez, Alma Paola Rodríguez, Boris Bohorquez Ruiz, María Araceli Avilés	
Sesión 7 Tecnologías disruptivas en acuicultura	48-56
Marcos De Donato, Adriana Artiles, Iván Ramírez, Manuel Vial Comber, Mara Thomas, Raúl Ramírez	
Sesión 8 Nutrición en acuicultura	57-59
María Teresa Viana, Martha Gabriela Gaxiola, Bruno Araujo	
Sesión 9 Salud, bioseguridad y bienestar de organismos acuáticos	60-61
Paola Barato, Luis Fernando Aranguren, Jorge Cáceres Martínez, Gina Armas de Conroy, María Isabel Bandín Matos, Beatriz Magariños	
Sesión 10 Jornada de Larva-Plus-CYTED	62-65
Carlos A. Álvarez-González, Máximo Coronado Gatica, Mario Galaviz Espinoza, Diana Castro Ruiz	
Sesión 11 Sostenibilidad en acuicultura	66-73
Sergio Zimmermann, Wagner Cotroni Valenti, Luis Poersch, Mauricio Emerenciano,	
Sesión 12 Gobernanza en acuicultura	74-75
Carlos Wurmman, Hans Gómez, Trond Bjorndal, Felipe Matías, Humberto Villarreal,	
Trabajos en extensos	76
Biodiversidad	77-78

Evaluación del estado de bienestar de dos especies de manglar en cautividad <i>Selenotoca multifasciata</i> y <i>Terapon jarbua</i> Evaluation of welfare status of two mangrove species in captivity <i>Selenotoca multifasciata</i> and <i>Terapon jarbua</i>	79-92
Amalia Pérez-Jiménez, Eva Rufino-Palomares, Saskia Fernández, Javier Medina Fernández, Javier Pérez-López, María del Carmen Hidalgo, Cristina E. Trenzado	
Regresión de praderas de <i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Asch. en el sector sur del Golfo de Valencia Regression of <i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Asch. in the southern sector of the Gulf of Valencia	93-104
M. Maimi-Checa, C. Torán, E. Rodríguez-López, B. Feliu-Tena, S. Falcó, M. Rodilla	
Arrecifes mediterráneos de algas calcáreas esciáfilas: efecto del cambio climático Mediterranean reefs of sciaphilic calcareous algae: effect of climate change	105-118
Elena Rodríguez-López, Maritxel Maimi-Checa, Carles Toran, Blanca Feliu, Miguel Rodilla	
Biodiversidad acuática de un humedal costero: El Marjal Pego Oliva (Mediterráneo Occidental) Aquatic biodiversity of a coastal wetland: El Marjal Pego Oliva (Western Mediterranean)	119-130
Keyla Eugenio, Silvia Falco, Miguel Rodilla, Ana Cecilia Dufilho	
Genética poblacional del baunco <i>Girella laevisfrons</i>, una especie de bajo nivel trófico candidata para la piscicultura marina sostenible en Latinoamérica, basada en el análisis de polimorfismos del ADN mitocondrial Population genetics of <i>Girella laevisfrons</i>, a candidate low trophic level fish species for aquaculture in Latin America, based on mitochondrial DNA polymorphism analysis	131-141
Borja Moya, José Miguel Cerda, F. Patricio Ojeda, César A. Cruz-Castellón, David Cordero, Carlos Saavedra	
Índices de Riesgo Ecológico por metales pesados en los sedimentos superficiales del Orinoco Medio Estado Bolívar, Venezuela Ecological Risk Indices for heavy metals in the surface sediments of the Middle Orinoco Bolivar State, Venezuela	142-154
Andreina Lemus, Arístide Márquez	
Suavización no lineal resistente para el análisis del ciclo reproductivo del gasterópodo <i>Opeatostoma pseudodon</i>, Puerto Ángel, Oaxaca, México Nonlinear resistant smoothing to analyze the reproductive cycle of the gastropod <i>Opeatostoma pseudodon</i>, Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico	155-161
Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte, Verónica Mitsui Saito-Quezada	
Evaluación de la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el humedal el Hato Evaluation of the temporal and spatial variation of the physicochemical and biological parameters in the Hato wetland	162-177
Anais Diaz, Arístide Marquez, Helena Hernández	
Pesca	178-180
Captura de peces en el golfo de Guacanayabo, Plataforma Sureste de Cuba Catching fish in the gulf of Guacanayabo, southeastern shelf of Cuba	181-194
Arlen Ventura, Enrique Giménez, Servando Valle	

- Estudio de la variabilidad molecular en poblaciones mediterráneas del cangrejo marino *Liocarcinus depurator* | Study of molecular variability in Mediterranean populations of the marine crab *Liocarcinus depurator*** 195-210
Francesc Mestres, Elvira Luna, Sergi Lacueva, Pere Abelló
- Pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU | Sustainable artisanal fishery in Lake Maracaibo within the framework of the UN Sustainable Development Goals** 211-226
Royner Carrasquero, María Laura Hurtado-León, Néstor Pereira
- Selectividad de atarrayas camaronerías en la pesca artesanal en el sistema lagunar del Río Cauto, Cuba | Selectivity of shrimp cast nets in artisanal fisheries in the lagoon system in the Cauto River, Cuba** 227-238
Enrique Giménez Hurtado, Carlos Ocano Busía, Arlen Ventura Flores
- A pesca de curral na Baía de Guanabara, Brasil: produção pesqueira e proteção ambiental sob o olhar dos pescadores | Fish weir in Guanabara Bay, Brazil: fish production and environmental protection from the perspective of the fishers** 239-261
Sérgio Ricardo Santos, Thaís Rodrigues Maciel, Andreia Bazílio Silva, Luiza Chieza Fortes Garcia, Marcelo Vianna
- Sargassum* spp. de arribazón: aprovechamiento de su biomasa y oportunidades de desarrollo para la agricultura local | Massive beaching *Sargassum* spp.: utilization of its biomass and development opportunities for local agriculture** 262-280
Adrián Alejandro Espinosa-Antón, Rey Jesús León Ferrer, Nelson Javier Ramirez-Linares
- Estado actual de la población de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), en la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela | Current status of the population of the starfish *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), in the bay of Mochima, Sucre state, Venezuela** 281-293
Ángel R. Fariña P., Pedro Bruzual, Diego Navarro, Manuel Rey-Méndez
- Composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador | Composition and abundance of clams of the genera *Protothaca* and *Chione* in an intertidal zone of the Chone river estuary, Manabí, Ecuador** 294-300
Alan García-Bermúdez, Eulalia Ibarra Mayorga, Rodolfo Patricio Panta Vélez, Luis Manuel Treviño Zambrano, Jorge Enrique Vélez Falcones
- Comparative study of the reproductive cycle and biochemical composition of the common cockle *Cerastoderma edule* and the grooved razor shell *Solen marginatus* from Oualidia Lagoon on the Moroccan Atlantic coast | Estudio comparativo del ciclo reproductivo y composición bioquímica del berberecho común *Cerastoderma edule* y la navaja acanalada *Solen marginatus* provenientes de la Laguna Oualidia en la costa Atlántica marroquí** 301-312
Ibtissam Doukilo, Oum Keltoum Belhsen, Fouzia Hmimid, Mohamed Id Halla, Ahmed Errhif
- Influencia de factores ambientales en la condición nutricional de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en la región pesquera de Caibarién, Cuba |** 313-329

Influence of environmental factors on nutritional condition of spiny lobster <i>Panulirus argus</i> (Decapoda: Palinuridae) in Caibarién fishing region, Cuba Alexander Lopeztegui-Castillo, Diana Martínez-Coello, Abel Betanzos-Vega, Yunier Olivera-Espinosa, Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas, Norberto Capetillo-Piñar	
Estimación del ciclo reproductivo por medio de índices morfofisiológicos del gasterópodo, <i>Opeatostoma pseudodon</i> (Burrow, 1815), de la pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca, México Estimation of the reproductive cycle by morphophysiological indices of the gastropod <i>Opeatostoma pseudodon</i> (Burrow, 1815) from the artisanal fishery at Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico Verónica Mitsui Saito-Quezada, Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte	330-344
Caracterización de la actividad pesquera en la Laguna de Zapotlán, Jalisco, México Characterization of the fishing activity in Zapotlan Lagoon, Jalisco, México Aurora Berenice Gutiérrez-Cedillo, J. Guadalupe Michel Parra, Oziel Dante Montañez Valdez	345-351
Diagnóstico del desarrollo sostenible de la comunidad pesquera de Adícora, Estado Falcón, Venezuela. Dimensión social. Caso: consejo socialista de pescadores y acuicultores (CONPPA-Adícora) Diagnosis of the sustainable development of the fishing community of Adicora, Falcon State, Venezuela. Social dimension. Case: socialist council of fishermen and fish farmers (CONPPA-Adícora) María V. Guanipa Maldonado, Jesús Méndez, Luis González	352-364
Aspectos biométricos y reproductivos de la especie guanapo <i>Lutjanus synagris</i> capturada por la flota artesanal de la comunidad de Adícora (Estado Falcón-Venezuela) Biometric and reproductive aspects of the guanapo species <i>Lutjanus synagris</i> captured by the artisanal fleet of the Adícora community (Falcón State-Venezuela) Jesús Méndez, Rodolfo Álvarez, Luis González, María Guanipa, Orlando Pomare, Thailande Barreno	365-382
Aspectos biométricos y reproductivos del congrio <i>Lepophidium negropinna</i> (Pisces: ophidiidae) desembarcado en el Puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador Biometric and reproductive aspects of specklefin cusk eel <i>Lepophidium negropinna</i> (Pisces: ophidiidae) landed in the Port of Jaramijó, Manabí, Ecuador Cristhian Mero-Anchundia, Anthony Chompoy-Mera, José Javier Alió Hans Ruperti Loor, Maribel Carrera Fernández	383-403
Cultivo de Peces	404-405
Efecto de la frecuencia de alimentación en los índices productivos de juveniles de robalo blanco <i>Centropomus viridis</i> Effect of feeding frequency in juvenile White snook <i>Centropomus viridis</i> performance María Isabel Abdo-de la Parra, Luz Estela Rodríguez-Ibarra, Leonardo Ibarra-Castro, Juan Manuel Martínez-Brown, Gabriela Velasco-Blanco	406-414
Evaluation of physiological parameters of Koi carps <i>Cyprinus carpio</i> anesthetized with benzocaine and eugenol following painful stimulus Evaluación de los parámetros	415-431

- fisiológicos de *Carpas koi* *Cyprinus carpio* anestesiados con benzocaína y eugenol después de un estímulo doloroso
André Luiz Veiga Conrado, Renata Stecca Iunes, Matheus Santos Costa, Isabella Cristina Bordon, José Roberto Machado Cunha da Silva
- Influência do sistema de cultivo nos índices Hematológicos de Jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824) / Influence of the rearing system on hematological parameters of de Jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824)** 432-445
Renata Stecca Iunes, André Luiz Veiga Conrado, Mateus Costa, Isabella Cristina Bordon, José Roberto Machado Cunha da Silva
- Efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de insecto en el desempeño biológico de juveniles de *Totoaba macdonaldi* | Effect of fish meal replacement by insect meals on biological performance of juvenile *Totoaba macdonaldi*** 446-456
Karen Carvajal-Soriano, Juan Pablo Lazo-Corvera
- ¿Son los insectos una buena fuente de proteínas? Efecto sobre el crecimiento y metabolismo energético de *Dicentrarchus labrax* | Are insects a good source of protein? Effect on growth and metabolism energetic of *Dicentrarchus labrax*** 457-463
Miguel Torres, J. Antonio Martos-Sitcha, Anyell Caderno, Rosa Alcaraz, M^a Dolores Hernández
- Análisis y descripción osteológica de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 de una cepa ornamental en condiciones controladas en la unidad acuícola de la Universidad de la Guajira Colombia | Osteological analysis and description of *Poecilia reticulata* Peters, 1859 from an ornamental strain under controlled conditions in the aquaculture unit of the Universidad de la Guajira Colombia** 464-474
Yuli Paola Espinosa-Prens, Claudia Andrea Gómez Ramírez, Jaineth Patricia Camargo Mendoza, Jairo Romero Paz
- Efectividad del peróxido de hidrógeno para el control de ectoparásitos en peces marinos | Effectiveness of hydrogen peroxide for the control of ectoparasites in marine fish** 475-482
Juan Carlos Pérez-Úrbiola, Roxana B. Inohuye-Rivera, Minerva C. Maldonado- García
- Cultivo de Crustáceos** 483-484
Modelo de intervención para el cultivo extensivo de langostino *Malayo Macrobrachium rosenbergii* en comunidades rurales de la costa de Oaxaca | Intervention model for the extensive culture of the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* in rural communities on the coast of Oaxaca 485-503
Alfredo Gallardo-Collí, Pablo Torres-Hernández, Carlos Iván Pérez Rostro, César Julio Martínez-Castro, Alfonso Cervantes-Alcántara
- Evaluación de bacterias marinas aisladas de costas del sur de Sonora, México, y su potencial utilización como probiótico y antagonista para *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco *Litopenaeus vannamei* | Evaluation of marine bacteria isolated from the coast of southern Sonora, Mexico, and its potential use as a probiotic and antagonist for *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei*** 504-517
Karla Soto-Marfileño, Zinnia Molina-Garza, Lucio Galaviz-Silva

<p>Comparación de Variables de Producción y Efectos en Sedimentos en Piscinas de Camarón Blanco <i>Litopenaeus vannamei</i> Implementadas con dos Sistemas de Alimentación Automática Comparison of Production Variables and Effects on Sediments in White Shrimp <i>Litopenaeus vannamei</i> Pools Implemented with wo Automatic Feeding</p> <p>Oscar Gaviláñez-Moreno, Dennis Tomalá-Solano</p>	<p>518-530</p>
<p>Cultivo de Moluscos</p> <p>Cultivos de ostión y esponjas en la plataforma nororiental de Cuba. Alternativas pesqueras sostenibles basadas en la protección de ecosistemas Oyster and sponge cultures in the northeastern shelf of Cuba. Sustainable fishing alternatives based on the protection of ecosystems</p> <p>Abel Betanzos-Vega, Yoandry Martínez Arencibia, José Manuel Mazón-Susategui, Gustavo Arencibia-Carballo, Rafael Tizol Correa</p>	<p>531-533 534-546</p>
<p>Efecto de la densidad y selección de tallas de semillas sobre el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico <i>Magallana gigas</i> (Thunberg, 1793) en cultivo inicial en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador Effect of seed density and size selection on the growth and survival of the Pacific oyster <i>Magallana gigas</i> (Thunberg, 1793) in initial culture in the Chone river estuary, Manabí province, Ecuador</p> <p>Miranda-Chávez Gema, Pozo Romina, Vélez-Falcones Jorge, Treviño Luís, Lodeiros César</p>	<p>547-554</p>
<p>Cultivo final de la ostra del Pacífico <i>Magallana gigas</i> (Thunberg 1793), en sistemas de cultivo de camarón, Estuario de Cojimíes, Esmeraldas, Ecuador Final culture of the Pacific oyster <i>Magallana gigas</i> (Thunberg 1793), in systems shrimp farming, Cojimíes Estuary, Esmeraldas, Ecuador</p> <p>Evelyn Vélez-Giler, María Mercedes Espinoza-Vera, Lenin Cáceres-Farias, Juan Cedeño-Zambrano, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros</p>	<p>555-562</p>
<p>Efecto en el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico <i>Crassostrea gigas</i> bajo cultivo suspendido debido a la posición espacial de las ostras en las cestas Effect on growth and survival of spatial position in Pacific oyster baskets <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793) in under suspended culture conditions</p> <p>Milton Hernán Fernández-García, Mirian Andrea Mogro-Mendoza, Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros</p>	<p>563-571</p>
<p>Neoplasia en moluscos bivalvos y su efecto en la respuesta inmunológica Neoplasia in bivalve mollusks and its effect on the immune response</p> <p>Milton Montúfar-Romero, Valentina Valenzuela-Muñoz, Cristian Gallardo-Escárate</p>	<p>572-587</p>
<p>Crecimiento de caracol manzana <i>Pomacea bridgesii</i> (Reeve, 1856) utilizando dos dietas artificiales elaboradas: con y si adición de <i>Spirulina subsalsa</i> Oersted ex Gomont 1892, como fuente proteica Growth of apple snail <i>Pomacea bridgesii</i> (Reeve, 1856) using two elaborated artificial diets: with and without addition of <i>Spirulina subsauce</i> Oersted ex Gomont 1892, as protein source</p> <p>Alejandra Torres-Ariño, Luis Gabriel Vivaldo-Patracá</p>	<p>588-621</p>

Crecimiento y supervivencia en una cohorte de semillas de la ostra <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg 1793) sembradas a diferentes tallas bajo condiciones de cultivo suspendido Growth and survival of a seed cohort of the oyster <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg 1793) sown at different sizes under suspended culture conditions	622-631
Gema Miranda-Cuaboy, Cindy Polit-Alvarado, Luís Manuel Treviño, Jorge Vélez-Falcones, Alan García, César Lodeiros	
Producción de perlas mabés en la ostra perla <i>Pteria sterna</i> (Gould, 1851) en el Estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador Mabés pearls production in the pearl oyster <i>Pteria sterna</i> (Gould, 1851) in the Chone River estuary, Manabí, Ecuador	632-639
María Mercedes Espinoza-Vera, Lenin Cáceres-Farias, César Lodeiros	
Cultivo de otros organismos	640-641
Optimización de las condiciones de cultivo de reproductores de caballito de mar <i>Hippocampus kuda</i> Optimization of seahorse <i>Hippocampus kuda</i> broodstock culture conditions	642-652
Eva E. Rufino-Palomares, Ana E. Ortiz-Maldonado, Cristina E. Trenzado, Marta Ramos-Barbero, Laura M. Pantoja-Echevarría, Alberto Coll, Amalia Pérez-Jiménez	
Marcadores de bienestar en ortiguilla de mar <i>Anemonia sulcata</i> cultivada en un sistema de acuicultura multitrófica integrada (IMTA) Welfare biomarkers in <i>Anemonia sulcata</i> in an integrated multitrophic aquaculture system (IMTA)	653-662
Cristina E. Trenzado, Alberto Coll, Ana E. Ortiz-Maldonado, Amalia Pérez-Jiménez, Marta Ramos-Barbero, Laura Pantoja-Echevarría, Pedro Antonio Álvarez-Molina, Eva E. Rufino-Palomares	
Impacto de la reproducción de <i>Anemonia sulcata</i> (Cnidaria) en entorno IMTA sobre su estado de bienestar con fines de repoblación Impact of reproduction on <i>Anemonia sulcata</i> (Cnidaria) welfare in IMTA culture system for repopulation purposes	663-672
Alberto Coll, Amalia Pérez-Jiménez, Ana E. Ortiz-Maldonado, Eva E. Rufino-Palomares, Laura Pantoja-Echevarría, Marta Ramos-Barbero, Carolina Alonso-Pozas, Cristina E. Trenzado	
Biotecnología	673-674
Efecto antiinflamatorio y antioxidante de las fracciones extraídas de la tinta del pulpo común <i>Octopus vulgaris</i> Anti-inflammatory and antioxidant effect of fractions extracted from the common octopus ink <i>Octopus vulgaris</i>	675-683
Laura Pantoja-Echevarría, Marta Ramos-Barbero, Carlos Alor-Luna, Cristina E. Trenzado, Amalia Pérez-Jiménez, Eva E. Rufino-Palomares	
Potencial antiproliferativo de compuestos extraídos de la tinta del pulpo común <i>Octopus vulgaris</i> Antiproliferative potential of compounds extracted from common octopus ink <i>Octopus vulgaris</i>	684-693
Marta Ramos-Barbero, Laura María Pantoja Echevarría, Carlos Alor Luna, Eva Encarnación Rufino Palomares, Cristina E. Trenzado, Amalia Pérez	

Hidrólisis ácida de la quitina extraída de harina de cabezas de langosta precocida Acid hidrólisis of chitin extracted from flour of precooked lobster heads	694-703
Yilma M. Estrada Hernández, Caridad Curbelo Hernández, Oxalis Rodríguez Martínez, Lilian Castillo López, Yeniset Fumero Acosta, Raquel Silveira Coffigny	
Comparative study between two <i>Thymus vulgaris</i> essential oils: Identification of their chemical composition and evaluation of their antibacterial activity Estudio comparativo de dos aceites esenciales de <i>Thymus vulgaris</i>: Identificación de la composición química y evaluación de la actividad antibacteriana	704-712
Asmaa Chbel, Abdelhakim Elmakssoudi, Manuel Rey-Méndez, Juan L. Barja, Ouafaa Aniq Filali, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalfi	
Anti-vibrio activity of lactic acid bacteria isolated from bat guano Actividad anti-Vibrio de bacterias ácido lácticas aisladas desde guano de Murcielago	713-718
Souraya Sakoui, Reda Derdak, Fatimazahra Jouga, Boutaina Addoum, Manuel Rey Méndez, Juan L. Barja, Abdelaziz Soukri, Bouchra El Khalfi	
Avances del cultivo vegetativo de <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> “Pelillo” en la costa del Perú Advances in the vegetative cultivation of <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> “Pelillo” on the coast of Peru	719-725
Max Castañeda, Arturo Mires-Reyes, Wendy Oyola, Wilson Berrios, Alena Manini, Sol Vásquez, Paul Baltazar	
Mercadotecnia	726-727
Análisis de mercado sobre las exportaciones chilenas del pulpo <i>Octopus mimus</i> Gould, 1839 Market analysis of Chilean exports of <i>Octopus mimus</i> Gould, 1839	728-743
Rodrigo Burgos-Vega, Manuel Rey-Méndez	
Crisis reputacional de la acuicultura en España: estudio DAFO, medidas de mejora y acciones estratégicas Reputational crisis of aquaculture in Spain: SWOT study, improvement measures and strategic actions	744-752
Manuel Rey-Méndez, Jacobo Fernández-Casal, Antonio Padín-Álvarez, Miguel Lastres-Couto, Nieves González-Henríquez	
Posters y Vídeos	753-791
Índice General de actividades del Foro acceder aquí	

Agradecimientos

Queremos dejar constancia de nuestro profundo agradecimiento a los patrocinadores que permitieron que se desarrollase el XI FIRMA 2022 online, especialmente a NARA que no solo colaboró en la realización global del evento, sino aportando conferencias de extraordinaria calidad, igualmente a MEGASUPPLY, MARVIVA, TUNACONS, SEA, ALMAR, UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA, ECOAQUA, MOTIV, INCAR, FUNDACIÓN EMPRESAS POLAR, ASOPROCO, AQUALGAE, RIMFROST, SOA, CNA-Ecuador, AGROSUNCORP, CONROY CONSULTING SRL, AZUL SOSTENIBLE, IPAC y AQUAHOY. Muchos de ellos permitieron generar becas para la participación de estudiantes avanzados y profesores investigadores, así como profesionales de la industria, permitiéndonos llegar a los casi 3.500 participantes, repartidos por Iberoamérica y otras partes del mundo, rebasando nuestras expectativas.

Agradecemos también a todas las instituciones académicas, ONGs, Empresas e instituciones oficiales auspiciadoras, que permitieron impulsar este XI FIRMA, con su participación. En especial la Universidad Científica del Sur (Perú), la Universidad Técnica de Manabí y Universidad Laica Eloy Alfaro (Ecuador), el Tecnológico de Monterrey (México), la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, la Universidad de Santiago de Compostela y la Universidad Complutense de Madrid (España), a quienes representamos el comité organizador. Especial agradecimiento también a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), principalmente a Manuel Barange, director de la división de Pesca y Acuicultura, por su extraordinaria conferencia inaugural y a Alejandro Flores, oficial principal de Pesca y Acuicultura en América Latina y el Caribe, por la coordinación de la jornada FAO en el XI FIRMA 2022.

Al comité organizador, contando con los 50 vocales repartidos por los países iberoamericanos y otros países del mundo, un agradecimiento especial por darle al FIRMA la amplitud y trascendencia conseguida.

Al equipo de soporte técnico en lo referente a la informática (V́ctor Cabezuelo), edici3n del libro e imagen (Marycruz García), redes sociales (Grace De Donato) y al equipo de videoconferencias (dirigido por Hectorina Rodulfo) que fueron, como siempre, fundamentales para el 3xito de este XI FIRMA 2022, nuestro reconocimiento por el gran trabajo realizado.

El FIRMA no sería el FIRMA sin sus colaboradores especialistas en las temáticas tratadas. Este XI FIRMA contó con más de 50 especialistas en las 12 sesiones y conferencias magistrales, a los que les expresamos nuestro mayor reconocimiento y agradecimiento por su colaboraci3n.

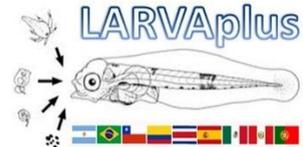
Y por supuesto, agradecer a los múltiples participantes, 3.424 inscritos, por la atenci3n prestada y, sobre todo, a aquellos que participaron con más de 200 trabajos científicos, haciendo del FIRMA el evento más grande e importante de Iberoamérica sobre recursos acuáticos y acuicultura.

Todos somos un gran equipo, la Familia FIRMA, que volverá a reunirse otra vez en el XII FIRMA 2023. ¡¡¡Allí esperamos verlos de nuevo!!!



C3sar Lodeiros
Coordinador General FIRMAs
Universidad T3cnica de Manabí

Auspiciado por



Sociedad Venezolana de Acuicultura



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO





INSTITUTO PÚBLICO DE
INVESTIGACIÓN DE ACUICULTURA Y PESCA
ECUADOR



APROMAR
Asociación Empresarial de Acuicultura de España





Patrocinadores



*Comité Organizador del
XI FIRMA 2022 online*



Presidente
Paul Baltazar 
Universidad Científica del Sur,
Perú



Vicepresidente-América
Marcos De Donato 
Tecnológico de Monterrey,
México



**Vicepresidente
Península Ibérica**
Nieves González-Henríquez 
Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria, España



Presidente A.C. ForoAcui
Manuel Rey-Méndez 
Universidad Santiago de
Compostela, España



Secretario
Edgar Zapatas-Vivenes 
Universidad Técnica de Manabí,
Ecuador



**Coordinador
Académico**
José Javier Alió Mingo 
Universidad Laica Eloy Alfaro
de Manabí, Ecuador



**Coordinador General
FIRMAS**
César Lodeiros 
Universidad Técnica de Manabí,
Ecuador

Vocales Iberoamericanos



Argentina

Tamara Rubilar | Centro para el estudio de sistemas Marinos,
CONICET/Instituto patagónico del Mar-UNPSJB



Brasil

Guilherme Rupp | EPAGRI
Antonio Icaro Gomes | Universidade Estadual do Maranhão



Chile

Cristian Bulboa Contador / Universidad Andrés Bello
Jormil Esteban Revilla / FIGEMA-UCN
Meyling Tang / Fundación COCINAMAR y Tres Peces



Colombia

Adriana Rodríguez Forero / Universidad de Magdalena
Jorge Cuéllar-Anjel | Global Consulting
Paola Barato / Corporación Patología Veterinaria



Costa Rica

Juan José Valverde / Instituto Nacional del Aprendizaje



Cuba

Gustavo Arencibia-Carballo / Centro de Investigaciones Pesqueras



Ecuador

Guillermo Morán / Tunacons / Azul Sostenible
Jorge Sonnenholzner / Universidad Técnica de Manabí
Juan José Bernal / Universidad Técnica de Manabí
Mauro Nirchio / Universidad Técnica de Machala
Pilar Solís-Coello / IPIAP
Wilfrido Argüello / CENAIM-ESPOL



España

Juan Miguel Mancera | Universidad de Cádiz / Sociedad Española de
Acuicultura
Javier Ojeda González-Posada / Asociación Empresarial de Acuicultura de
España

Patricia Prado / Instituto para la Investigación y Tecnología,
Agroalimentarias de Cataluña
Salvador Cárdenas / Sociedad Española de Acuicultura



Guatemala

Dora Carolina Marroquín Mora | Universidad de San Carlos de Guatemala



México

Alfonso N. Maeda Martínez | Unidad Nayarit Centro de Investigaciones
Biológicas del Noroeste S.C.

Alejandra Torres Ariño | Universidad del Mar

Alexander Varela Mejías | Instituto Tecnológico de Sonora

Sonia Araceli Soto Rodríguez | Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, Mazatlán



Panamá

Juan Posada / Fundación Marviva

Zedna Ibis Guerra / Estación Maricultura del Pacífico, Autoridad de los
Recursos Acuáticos



Perú

Christian Berger / Universidad Científica del Sur

Gina Armas de Conroy / CONROY CONSULTING SRL

Enrique Melgar Lozano / Proacuicultura

Lessi Catacora / Gobierno Regional de Moquegua

Milthon Luján Monja / Revista Aquahoy

Tulio Merino Regalado / Sociedad Nacional de Acuicultura



Portugal

Pedro Fernandes Seixas / Aqualgae

Manuela Vaz Velho / Instituto Politécnico de Viana do Castelo



República Dominicana

Miguel Guevara / Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña



Uruguay

Alvar Carranza / Centro Universitario Regional Este - CURE, Universidad de
la República



Venezuela

Carlos Carmona Suárez / Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)

Eduardo Castillo / Presidente de la Sociedad Venezolana de Acuicultura (SVA)

Fernando Villamizar / Asociación de Productores de Camarones de Occidente

Luis González / Instituto Nacional de Espacios Acuáticos -Falcón

Corresponsales en otras regiones



USA

Sergio Nates / Feedsagrisolutions

Víctor Blanco / Universidad de Florida

Europa no Iberoamericana

Lucio Grassia / LANTERN-NET.COM

Jorge Galindo-Villegas / Nord University, Norway

Juana Jiménez Alcántara / VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE (VLIZ)
– Bélgica

Asia

José Ignacio Curiel / Megassuply

José Ávila Peltroche / Chosun University – Corea

África

Bouchra Elkhalfi, / Universidad Hassan II de Casablanca – Marruecos

*Apoyo logístico del
XI FIRMA 2022 online*



Víctor Cabezuelo García
Universidad de Oriente,
Venezuela
Webmaster



Grace De Donato
Community Manager
Italia



Marycruz García-González 
Universidad de Oriente,
Venezuela
Edición Digital

*Operadores de la plataforma
de videoconferencias*



Ecuador | *César Lodeiros, Bryan Zambrano Campuzano, Daysi Camacho Castillo, María Dolores Zambrano*



México | *Hectorina Rodulfo, Marcos De Donato, Luz Elena Diaz Ávila*

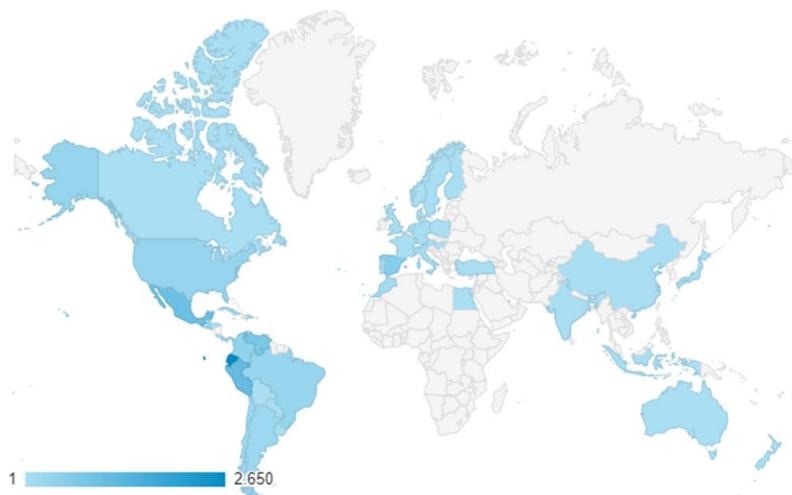


Perú | *Paul Baltazar, Wilson Barrios Bustamante, Malú Avalo*

Conclusiones

Tras un gran esfuerzo organizativo, en el XI Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura, XI FIRMA 2021 online, se presentaron y discutieron temas de gran relevancia con exposiciones de más de 60 especialistas en el área de los recursos acuáticos y la acuicultura, con 7 conferencias magistrales y 12 sesiones de discusión. Esto permitió alcanzar y sobrepasar las metas planteadas, llegando a los casi 3.500 participantes inscritos, repartidos por Iberoamérica y otras partes del mundo.

La página web, del XI FIRMA, durante el evento fue visitada en más de 53.000 veces, y sus principales usuarios (en total 8132) fueron de Ecuador (33%), Perú (13%), México (12%), Venezuela (9%), España (7%), Colombia (4,5%), USA (4%), Brasil (4%), Argentina (3%), Chile (2%) y <2% (Marruecos, Guatemala, Panamá, Italia, Cuba, Costa Rica, Alemania, Portugal y otros 29 países más), lo cual supone una visualización geográfica en casi 50 países, cubriendo toda América, Europa y gran parte de Asia y África.



La mayoría de los inscritos, en el XI FIRMA fueron estudiantes y docentes-investigadores, suponiendo más del 50% de los inscritos, reafirmando el carácter formativo y de capacitación que tienen el FIRMA para nuevos profesionales, con el objetivo de dejar una huella formativa pertinente hacia la sostenibilidad de los recursos acuáticos y la acuicultura.

En gran parte, el resto de los inscritos, sobresalen los profesionales, representantes de entes gubernamentales, asociaciones de acuicultura, y particularmente el ítem otros (~20%), el cual es considerado en su mayoría como proveniente de empresas.

Es de resaltar que todo el evento, sumando los asistentes por Zoom y los que visualizaron las sesiones por YouTube, sumaron un total de 11,111 visualizaciones, lo cual nos complace mucho, ya que evidencia una excelente participación de los asistentes y aquellos que no estaban inscritos, debido a que muchas de las sesiones se transmitieron de libre acceso.

En cuanto los trabajos científicos del evento, se publicaron más de 200 trabajos en formato de e-pósteres y videos, clasificados en 12 áreas del conocimiento, sobresaliendo las áreas de biodiversidad y conservación de los recursos (35), cultivo de peces y crustáceos (50), biología, fisiología y ecología (28) y biotecnología y bioproductos (24), de los cuales un selecto grupo de especialistas tuvieron la tarea de seleccionar los 3 mejores trabajos presentados y 3 menciones honoríficas (visualización de los mejores trabajos científicos aquí).

De estos trabajos, unos XX son presentados *in extenso* a manera de *proceeding* en el presente libro del XI FIRMA 2022 online. En cuanto a la difusión de nuestras redes, tuvimos un alcance de unas 25.000 y 30.000 cuentas alcanzadas por nuestras publicaciones en Facebook e Instagram, respectivamente, manteniéndose activas cumpliendo con su objetivo informativo promocional.

Otra actividad del XI FIRMA fue el II concurso fotográfico (II PhotoFIRMA), donde participaron más de X imágenes de los participantes, concediendo premiaciones a las tres mejores fotografías y 3 premiaciones honoríficas (visualización del II PhotoFIRMA aquí).

En conclusión, nos complace aFIRMAr que logramos los objetivos planteados para el XI FIRMA 2022 online, sobrepasando las expectativas, posicionándose como uno de los escenarios más importantes de discusión y promoción de la sostenibilidad de los recursos acuáticos de Iberoamérica y el mundo.



Mejores trabajos científicos

Dado el número de trabajos presentados, y la elevada calidad de los mismos, los jurados representados por especialistas de las diferentes áreas tuvieron una gran tarea, la cual se extendió en más de un mes de evaluación posterior al XI FIRMA 2022 online, los trabajos ganadores fueron:

Primer Lugar | Efecto del alga *Ulva ohnoi* en las propiedades del sustrato y en el crecimiento de plantas de tomate en invernadero

Adrián Alejandro Espinosa Antón, Rosalba Mireya Hernández Herrera, Richel Dorta Hernández



Firma
XI online 2022
del 21 al 25
noviembre
2022

FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS
MARINOS Y LA ACUICULTURA

Hacia un desarrollo sustentable de la pesca y la acuicultura

“Efecto del alga *Ulva ohnoi* en las propiedades del sustrato y en el crecimiento de plantas de tomate en invernadero”

Adrian A. Espinosa-Antón^{1*}, Rosalba M. Hernández Herrera y Richel Dorta Hernández³

¹Maestría BIMARENA, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, México
²Departamento de Botánica, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, México
³Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas, Cuba

* E-mail: aeanton9407@gmail.com



Segundo Lugar | Potencial antiproliferativo de compuestos extraídos de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris*

Marta Ramos Barbero, Laura Pantoja Echevarría, Carlo Salor Luna,
Eva Encarnación Rufino Palomares, Cristina E. Trenzado Romero, Amalia Pérez Jiménez



Firma XI Online 2022 DEL 21 AL 25 NOVIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD DE GRANADA

POTENCIAL ANTIPROLIFERATIVO DE COMPUESTOS EXTRAÍDOS DE LA TINTA DEL PULPO COMÚN (*Octopus vulgaris*)

Marta Ramos-Barbero¹, Laura M. Pantoja-Echevarría², Carlos Alor-Luna¹, Eva E. Rufino-Palomares¹, Cristina E. Trenzado³, Amalia Pérez-Jiménez²

¹Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
²Departamento Zoología. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.
³Departamento de Biología Celular. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.
E-mail: ramosb@correo.ugr.es

INTRODUCCIÓN

Actualmente se conoce la composición bioquímica de la tinta de algunos cefalópodos, entre ellos distintas especies de sepia y calamar. Sin embargo, aún es escasa la bibliografía sobre las características bioactivas de la tinta del pulpo común. Las actuales

Tercer Lugar | Diagnóstico de la actividad acuícola en sistemas socioprodutivos familiares, estado Zulia, Venezuela

Nancy Hernández, Mayré Prieto-Olivares, Carlos Espina, Arlenis Alborno, Yaritza Bracho,
Randi Guerrero-Rios, Maitzabel Materán



Firma XI Online 2022 del 21 al 25 noviembre 2022

DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD PISCÍCOLA EN SISTEMAS SOCIOPRODUCTIVOS FAMILIARES, ESTADO ZULIA, VENEZUELA.

Nancy Hernández^{1,4,7*}, Mayré Prieto-Olivares¹, Carlos Espina², Arlenis Alborno^{2,5}, Yaritza Bracho³, Maritzabel Materán⁵, Randi Guerrero-Rios^{6,7}.

¹Dirección de Pesca y acuicultura adscrita a la Gerencia de Desarrollo económico de la Alcaldía de San Francisco. ²Dirección Agropecuaria adscrita a la Gerencia de Desarrollo económico de la Alcaldía de San Francisco. ³Gerencia de Desarrollo económico, Alcaldía de San Francisco. ⁴Laboratorio de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. ⁵Departamento de Ciencias Sociales y Económicas Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. ⁶Laboratorio de Zoología de invertebrados, Facultad de Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. ⁷Red Venezolana de profesionales por la naturaleza. *naye86@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El diagnóstico, desde la planificación, constituye operativamente la primera etapa de toda

Mención Honorífica | Silver nanoparticles induce histopathological alterations in juvenile *Penaeus vannamei*

María Cristina Chávez Sánchez, Selene Abad Rosales, Rodolfo Lozano Olvera, Leobardo Montoya Rodríguez, Miguel Ángel Franco Nava, Claudio-Humberto Mejía Ruíz, Nina Bogdanchikova

Firma
XI Online 2022
DEL 21 AL 25
NOVIEMBRE
2022

CIAD CONACYT CB

Hacia un desarrollo sustentable de la pesca y la acuicultura

Silver nanoparticles induce histopathological alterations in juvenile *Penaeus vannamei*

María Cristina Chávez-Sánchez¹, Selene Abad-Rosales¹, Rodolfo Lozano-Olvera¹, Leobardo Montoya-Rodríguez¹, Miguel Ángel Franco-Nava², Claudio Humberto Mejía-Ruiz³, Nina Bogdanchikova⁴

¹Mazatlán Unit of the Research Center for Food and Development, A.C.
²Technological Institute of Mazatlán, ³The Northwestern Center of Biological Research. ⁴Universidad Nacional Autónoma de México
marcris@ciad.mx

INTRODUCTION
The aquaculture industry faces diseases that limit its capacity for efficient production, which has caused detrimental effects on the industry worldwide.

Mención Honorífica | Ensayo *in vivo* de tres potenciales probióticos de la región patagónica utilizando el pez modelo *Danio rerio*

Melania Fernández, Mariano Moris, María Amelia Cubitto, Cynthia Sequeiros

Firma
XI Online 2022
del 21 al 25
noviembre
2022

CONICET
CESIMAR

chubut
SECRETARÍA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA DE LA PROVINCIA DE CHUBUT

Hacia un desarrollo sustentable de la pesca y la acuicultura

ENSAYO IN VIVO DE TRES POTENCIALES PROBIÓTICOS DE LA REGIÓN PATAGÓNICA UTILIZANDO EL PEZ MODELO *Danio rerio*

Fernández M^{1,2}, Moris M³, Cubitto MA⁴, Sequeiros C.¹

¹CESIMAR CCT CONICET-CENPAT
²Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Provincia de Chubut.
³CCT CONICET-CENPAT
⁴Dpto. Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
E-mail: mfernandez@cenpat-conicet.gob.ar

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el sector acuícola ha

Mención Honorífica | Capacidad de biorremediación del poliqueto *Perinereis gualpensis* bajo diferentes cargas de lodo de acuicultura de salmón del Atlántico

Silvia Gómez Suárez, Gabriele Lara, Carlos Felipe Hurtado,
Guillermo Valenzuela-Olea, Alice Turner



CAPACIDAD DE BIORREMEDIACIÓN DEL POLIQUETO *Perinereis gualpensis* BAJO DIFERENTES CARGAS DE LODO DE ACUICULTURA DE SALMÓN DEL ATLÁNTICO

Gómez, S.,¹ Lara, G.,¹ Hurtado, C.F.,¹ Valenzuela-Olea, G.,² & Turner, A.²:

¹ Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Avda Universidad 330, Valparaíso, CHILE.

² Laboratorio costero de Calfuco, Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Universidad Austral, Valdivia, CHILE.

E-mail: silvia.gomez@pucv.cl

INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la acuicultura en las últimas décadas ha incrementado también la generación de residuos derivados de sus actividades. La descarga de lodo



Concurso fotográfico II PhotoFIRMA

Con el objetivo de captar en imágenes el maravilloso mundo de los recursos acuáticos y la acuicultura, se organizó el II concurso fotográfico FIRMA, II *PhotoFIRMA*, incentivando a los participantes del XI FIRMA 2022 online. Las fotos servirán para nuestra galería FIRMA y algunas con conceptos de acuicultura serán escogidas para las portadas de la revista científica *AquaTechnica*, revista asociada al FIRMA. La galería de estas imágenes se puede acceder [*aquí*](#).



Se recibieron unas 180 fotografías de los participantes, siendo seleccionadas por una decena de especialistas y resultando ganadoras las siguientes fotografías:

Primer lugar
Sobreviviendo con el peligro
Ángel Rafael Fariña Pestano



Las simbiosis entre medusas y peces son fundamentales para la protección de algunas especies durante sus primeras fases de vida, entre ellas carángidos con interés comercial. Los juveniles de peces fusionan la mucosa protectora de la medusa con su propia mucosa, para evitar ser afectados por las células urticantes del cnidario. Así logran evitar una multiplicidad de depredadores en el medio planctónico, donde la posibilidad de refugio es muy escasa. Viviendo en el peligro pero sobreviviendo gracias a él. Imagen tomada mediante buceo en snorkel, usando el contraluz gracias a la posición desde abajo en la profundidad. Tomada con una Cámara Sony DSCWX-300 con carcasa submarina Ikelite.

Segundo lugar
Vigilantes
Ana María Santana Piñeros



Ante la llegada de los pescadores, las aves vigilan cualquier descuido para conseguir alimento. Los pescadores, las observan admirados y comparten la captura con estos majestuosos seres. Foto tomada en Mahahual, un pequeño pueblo del caribe Mexicano.

Tercer lugar
Arte de la naturaleza
Adrián José Márquez Montiel



Esta fotografía refleja el arte dentro de toda ciencia, semillas de *Spondylus* producidas por acuicultura para repoblamiento. Es evidente la presencia de proyecciones tipo espátulas típicas de la especie pero que no son apreciables en organismos del medio natural por la erosión y ruptura con el paso del tiempo. Estos ejemplares resultan el primer paso del uso de la acuicultura como una herramienta de restauración ecológica en Ecuador.

Mención honorífica
Desarrollo de la acuicultura ornamental
Josué Rodolfo García Pérez



La acuicultura ornamental es una industria poco visibilizada en Centroamérica, pero con gran potencial de desarrollo para convertirse como una fuente de desarrollo para mejorar la calidad de vida de las personas en las áreas rurales. En la fotografía demuestra la investigación y desarrollo de especies ornamentales como *Nimbochromis venustus*, donde se evaluó el tiempo de destete bucal idóneo para obtener mayor sobrevivencia, además de preparar a las hembras con el fin de obtener más reproducciones a lo largo del año.

Mención honorífica
Marea baja
Regina Ortega Flores



Ensenada Baja California, México; La zona intermareal rocosa es el hábitat de una gran diversidad de organismos marinos. Su estudio es de gran importancia debido a que es un lugar muy afectado por la actividad antropogénica y humana cuando la marea baja, generando modificación y destrucción de la zona.

Mención honorífica
Abanicos Marinos
Siolis Villafranca



Especies de *Euvola ziczac*. Recurso de interés pesquero en la región nororiental de Venezuela que es explotada artesanalmente por los pobladores de la región, los organismos fueron obtenidos en muestreos de un estudio ecológico de impacto en la biodiversidad de las comunidades bentónicas asociadas a la pesquería de tres especies de caracoles de interés comercial en la región nororiental de Venezuela.



SESIONES DE TRABAJO

Sesión 01 | Acuicultura y los objetivos de desarrollo sostenible de FAO

Aquaculture and the sustainable development goals of FAO

<https://www.youtube.com/watch?v=q6Vc2jRQc8I>

Alejandro Flores Nava

FAO, Oficina regional para América Latina y el Caribe, Chile



Alicia Medina Hernández.

FAO-Honduras

Viviana Rios Moringo

Plan Nacional de Desarrollo Acuícola, Paraguay

Claudia Estela Beltrán

Socioeconomía de la Acuicultura, Colombia.

RESUMEN | La producción pesquera extractiva global se ha estancado en los últimos 30 años, pero la acuicultura mantiene una tasa de crecimiento ascendente, y en 2020 se alcanzó la máxima producción pesquera de 214 MM t. El papel de la pesca en la alimentación humana es crucial. La combinación agricultura-acuicultura con procesamiento ha demostrado ser altamente beneficiosa para las comunidades rurales. Cada vez la mujer incrementa su participación en actividades de liderazgo, procesamiento y comercialización.

ABSTRACT | The presentation included four presentations that highlighted how aquaculture and fisheries contribute to meeting some of the 17 SDGs. Global extractive fish production has stagnated in the last 30 years, but aquaculture maintains an upward growth rate, and in 2020 the maximum fish production of 214 MM t was reached. The role of fishing in human nutrition is crucial. The combination of agriculture-aquaculture with processing has proven to be highly beneficial for rural communities. Women are increasingly participating in leadership, processing and marketing activities.

Palabras claves |

Desarrollo sostenible, pesca extractiva, acuicultura, equidad de género, alimentación escolar

Keywords |

Sustainable development, extractive fishing, aquaculture, gender equity, school feeding

Recordando la Agenda 2030, en septiembre 2015 las naciones integrantes de la ONU reunidas en París acuerdan los objetivos del milenio, Agenda 2030. Son 17 objetivos con 169 metas urgentes. Es contundente la manera como deben abordarse esas metas, lo cual significa mayor compromiso de los países: paz, eliminar pobreza, trabajo decente, igualdad de género. Pero estamos lejos de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La pandemia y conflictos bélicos han afectado negativamente estos logros.

La publicación de la FAO (2022) *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, refleja que, a pesar de la pandemia, se alcanzaron récords de producción pesquera y acuícola, pues 214 MM t es un récord histórico. La producción pesquera está estabilizada desde los años 80, y más bien se ha contraído entre 5 y 6%, mientras que la Acuicultura ha contribuido 88 MM t y, si se agregan las macroalgas, alcanza 100 MM t (Fig. 1).

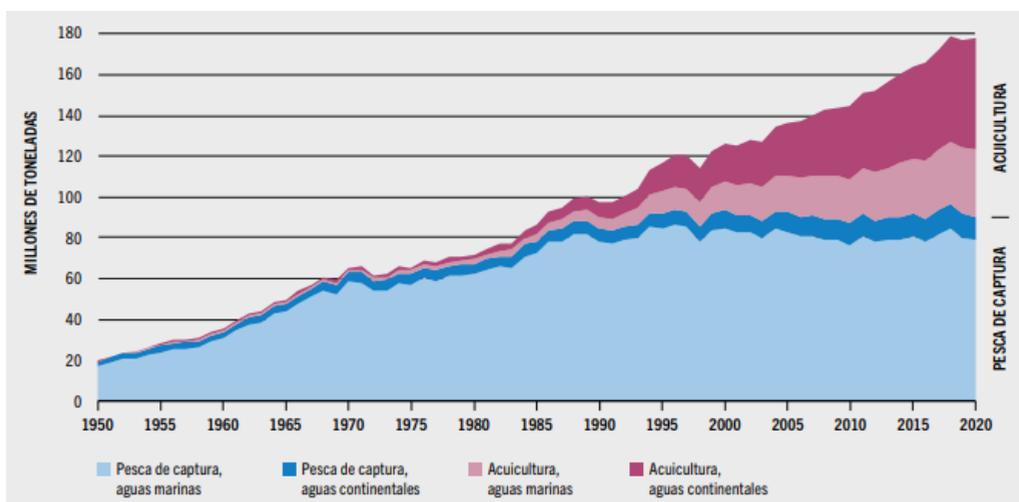


Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura. En 2020, aun con leve contracción por la pandemia, se alcanzó el récord histórico de 214 MM t en la producción pesquera mundial. La acuicultura contribuyó con 87,5 MM t más 35 MM t de macroalgas. Fuente: FAO (2022).

La tasa de producción de acuicultura supera ya la de cerdos y pollos, y más del 50% del pescado producido en cultivos se destina a consumo humano directo. La tasa de crecimiento de la producción pesquera desde hace más de una década supera al crecimiento poblacional, por lo que significa que los alimentos alcanzarían para todos, pero la distribución de la producción es muy desigual. El uso de productos de la pesca para elaborar harina de pescado va disminuyendo, lo que significa que más pescado se destina hacia el consumo humano.

Entre 1970 y 1990 la pesca en América latina y el Caribe (LAC) ascendió hasta un límite de producción de 25 MM t, pero desde 1994 ha mostrado un descenso sostenido de 40%. En contraste,

la acuicultura ha crecido 300% en el periodo 1994-2021 (Fig. 2). La región cuenta con el espacio para crecer en acuicultura. Pero la tasa de expansión se ha reducido.

La pesca y la acuicultura contribuyen con los ODS, ya que permiten aliviar la pobreza, contribuyen a la alimentación de la población y a mejorar su salud; hay mejoras en la salud ocupacional y el desarrollo de los países. Por acción del clima hay todo un movimiento de adaptación de la pesca y acuicultura a los cambios climáticos. Al respecto, el ODS 14 trata de mejorar la sostenibilidad de los recursos pesqueros

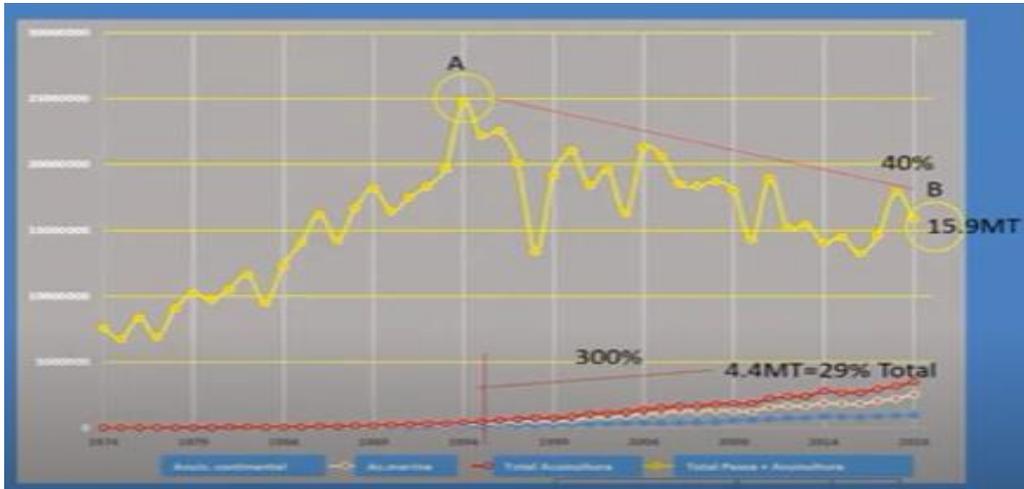


Figura 2. Producción pesquera en América Latina y el Caribe. Fuente: FAO (2023) Estadísticas pesqueras.

La pesca y la acuicultura contribuyen con los ODS, ya que permiten aliviar la pobreza, contribuyen a la alimentación de la población y a mejorar su salud; hay mejoras en la salud ocupacional y el desarrollo de los países. Por acción del clima hay todo un movimiento de adaptación de la pesca y acuicultura a los cambios climáticos. Al respecto, el ODS 14 trata de mejorar la sostenibilidad de los recursos pesqueros.

La pesca no solo representa la labor de extracción de organismos acuáticos, sino todo un sistema que comienza por la gobernanza, investigación para conocer los recursos, fiscalización, procesamiento, transporte, comercialización. Estas actividades generan una gran cantidad de empleo. Igualmente ocurre con la acuicultura. Se estiman 3 empleos indirectos por cada directo. Hay 2,8 millones de pescadores en empleos directos, 85% en el sector artesanal, y 16% son mujeres. La acuicultura sostiene 390 mil empleos directos. En 2015 se hizo una encuesta en 15 países de LAC y se encontró que había unos 103 mil acuicultores que generan autoempleo. Entre un 40 y 90% del proceso postcaptura es realizado por mujeres y una proporción importante de pesadores pertenecen a pueblos indígenas. En tiempos de crisis económica, la pesca se transforma en un seguro de

desempleo, pues los agricultores pueden dedicarse a la pesca con facilidad por ser una actividad de acceso abierto y requerir poca inversión en implementos de pesca.

Se destaca un caso de Paraguay en donde un grupo de agricultores fueron diversificando la actividad e incorporando rubros acuícolas y luego incorporaron el procesamiento de los mismos, elaborando embutidos de tilapia y otros productos en una planta, lo cual permitió elevar los ingresos familiares muy significativamente de 56\$ a 1000\$ mensuales.

El ODS 2 concierne a la eliminación del hambre. Pero en ALC se vive el contraste de tener 270 MM personas subalimentados y 158 MM personas con sobrepeso. El consumo regular de pescado es muy positivo, por su alta digestibilidad y contribución de ácidos grasos. La sardina es de muy bajo precio y su perfil es superior al del salmón. En Guatemala, las poblaciones pobres de la costa tenían mejor nutrición que las poblaciones pobres en la sierra, ya que las primeras tenían mayor acceso a productos de la pesca.

La FAO promueve la inclusión de pescado y mariscos en la alimentación escolar. En muchas comunidades la alimentación escolar puede ser la única del día o la más completa. La acuicultura de pequeña escala es una ayuda para muchas familias, pues tienen acceso a pescado y lo comercializan, ayudando económicamente a las familias. El empoderamiento de las mujeres promoviendo su involucramiento en actividades productivas ha tenido éxitos, pero ha tenido una mala receptividad por parte de los conyugues varones en algunas comunidades.

LA FAO trata de promover la adecuación de la tecnología para optimizar los procesos acuícolas. La presión social ha impulsado la innovación, produciendo de manera más eficiente y con menor impacto ambiental, usando menos agua y desechando menos contaminantes. Por parte de los consumidores, la FAO trata de reducir los desperdicios en todos los procesos. Sin embargo, la FAO estima una producción de 28 MM t de pescado no declaradas anualmente.

Hay que fortalecer la resiliencia al cambio climático, elevar la producción sin amenazar la sostenibilidad de los recursos, incrementar el acceso de la población al pescado, hay que generar políticas públicas para la inclusión de los pesadores artesanales y los pequeños acuicultores, mejorar las estadísticas pesqueras, mejorar la vigilancia, impulsar el diálogo multisectorial para mejorar las comunidades de pescadores y acuicultores.

Alicia Medina Hernández. FAO-Honduras

Destacó el programa piloto en 2019 de incluir el pescado en la alimentación escolar. Fue un programa en el que participaron los productores e instituciones gubernamentales. Pudieron llegar a comunidades con severa desnutrición y causar un impacto muy evidente. Usaron experiencias de

Uruguay que tiene un exitoso programa de alimentación escolar. Los retos fueron en controlar las espinas del pescado. Los padres eran los que preparaban el alimento.

Viviana Ríos Moringo, Plan Nacional de Desarrollo Acuícola, Paraguay

En 2017 se estimó en Paraguay un total de 10 mil acuicultores, 98% del grupo AREL. En 2000 se produjeron 200 t y en 2008 se alcanzaron 2000 y a partir de esa fecha se hicieron diagnósticos con apoyo de la FAO. En 2010 ya tenían un Plan de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible. Para 2017 hubo 10.500 t producidas de productos pesqueros y para 2020 se alcanzó 19.000 t, de las cuales 71% era tilapia, 24% *Piaractus mesopotamicus* y 4% otras especies como *Leporinus*, carpa *Ciprinus*. El consumo *per capita* era de 4,6 kg, y en 2008 subió a 5,9 kg, mientras que en 2020 alcanzó 7,2 kg. No existen grandes productores acuícolas en el país.

Hay varios casos de productores exitosos. En Alto Paraná había 400 productores. Un grupo de 4 de ellos fueron el ejemplo y actualmente son 100 pescadores. Venden chorizos y filetes de pescado. Han incrementado mucho el ingreso familiar. El hospital indígena está radicado en una de las zonas más pobres del Paraguay. Tienen lagunas de cultivo cerca del hospital y se consumen pescado dos veces a la semana, producido en estas lagunas. Otro de los emprendimientos tiene un restaurante con lagunas y la gente pesca lo que se va a comer. Los extensionistas fueron exitosos en llevar la tecnología acuícola a las comunidades del país.

Claudia Estela Beltrán

Trató el tema de equidad de género, la cual es importante en muchos proyectos de cooperación. El estudio de los roles de género evidencia que los hombres se dedican a la producción y las mujeres al procesamiento y la comercialización. En la acuicultura, 43% tienen participación de la mujer y 12% participan los hijos. Las mujeres que participan en la actividad extractiva lo hacen de día; no pernoctan en los botes. Cada vez es más usual que son las mujeres sean las representantes de las asociaciones de pescadores o acuicultores.

La mujer tiene un gran compromiso con el trabajo, administran mejor el dinero, son amables en la atención al cliente, resisten más que los hombres a trabajar de pie muchas horas, manejan el producto con delicadeza y mejoran la calidad. Quieren estar más cerca de su casa. Manejan boutiques de belleza, restaurantes. No es que no las dejen pescar, sino que no les interesa. Las mujeres muchas veces prefieren proyectos 100% femeninos, aunque suele haber más conflictos por rivalidad mayor que los grupos mixtos o masculinos.

Los hombres llevan el trabajo físico más intenso: cosecha, buceo, reparaciones, vigilancia, y están más expuestos al sol y a la lluvia, trabajan en altas condiciones de incomodidad. Los hombres confían más en sus esposas cuando comparten labores productivas.

Para que los proyectos sean exitosos, hay que reconocer los talentos, las experiencias y los intereses de cada persona y, en función de ello, desarrollar actividades. Es importante el trabajo social, promoviendo la igualdad de género, el respeto, controlar actitudes machistas o feministas. No hay una forma única de abordar comunidades, sino que depende del contexto cultural de las personas con las que se trabaje.

CONCLUSIONES

La producción pesquera extractiva se ha estancado o disminuido desde 1990, pero la acuicultura mantiene su tasa ascendente y hoy la supera. La pesca y la acuicultura no solo representan la producción de biomasa de organismos acuáticos, sino un sistema complejo de actividades económicas que generan gran cantidad de empleos. La participación de la mujer en estos empleos alcanza 16%, particularmente en actividades de liderazgo, procesamiento y comercialización. La pesca contribuye con varios ODS por su papel en la alimentación, mejoramiento de la salud, empleo y reducción de la pobreza.

RECOMENDACIONES

Es necesario promover el consumo de productos pesqueros, particularmente en niños de edad escolar y comunidades rurales alejadas de cuerpos del mar o de cuerpos de agua. Hay que fomentar las labores combinadas agricultura-pesca-acuicultura en las comunidades rurales. La promoción de la equidad de género y trabajo juvenil requiere intenso trabajo social con las comunidades rurales.

AGRADECIMIENTOS

Esta relatoría fue realizada con la colaboración de José Javier Alió de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Politécnica. Superior Agropecuaria. de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.

Sesión 02 | Cambio climático y su efecto en la acuicultura regional

Climate change and its effect on the regional aquaculture

<https://www.youtube.com/watch?v=q6Vc2jRQc8I>

José Aguilar Majarrés

Oficial de Pesca y Acuicultura de FAO
para América Latina y el Caribe



Doris Soto

Centro Interdisciplinario para la Investigación
Acuícola, Chile

Ricardo Norambuena

Centro Copas-Costa,
Univ. Concepción, Chile

María Claudia Merino

AUNAP Colombia

Fernanda García Zampaio,

Brasil, Min Agric. Ganad. y Alimentos y EMBRAPA

RESUMEN | El cambio climático (CC) afecta de manera importante a la acuicultura, pero de forma individual a las especies de cultivo, y varía según su estado de desarrollo. El impacto y la manera de adaptarse a él dependen del sistema acuícola utilizado, con efectos directos e indirectos. Existe correlación entre los recursos destinados a la acuicultura de una especie en un país y el número de instrumentos para adaptarse al CC. Son escasas las medidas de adaptación al CC en la acuicultura continental. Es importante contemplar planes de adaptación al CC en las legislaciones nacionales.

ABSTRACT | Climate change (CC) significantly affects aquaculture, but individually farmed species, and varies according to their stage of development. The impact and the way to adapt to it depend on the aquaculture system used, with direct and indirect effects. There is a correlation between the resources allocated to the aquaculture of a species in a country and the number of instruments to adapt to CC. There are few adaptation measures to CC in continental aquaculture. It is important to contemplate CC adaptation plans in the national legislations.

Palabras clave |

Legislación,
precipitación,
corrientes,
camarón,
peces,
moluscos,
sistemas de alerta

Keywords |

Legislation,
precipitation,
currents,
shrimp,
fish,
molluscs,
warning systems

En esta sesión se describió la importancia de la acuicultura a pequeña escala y la equidad de género, detallando el contenido del Objetivo de Desarrollo Sostenible de la FAO (ODS) 13 *Acción por el clima* y sus metas.

El cambio climático (CC) en la acuicultura afecta de manera individual a las especies de cultivo, ya que tienen límites óptimos diferentes. También depende de los sistemas de cultivo utilizados; en ambientes abiertos como jaulas en fiordos, será imposible controlar los efectos del CC, pero en sistemas semicerrados, como lagunas, o en sistemas cerrados intensivos, el control puede ser mayor o absoluto. El CC también afectará el tipo de alimento que reciban las especies, ya sean algas afectadas por las variaciones en la concentración de nutrientes en el agua, o en el plancton para las especies filtradoras como los moluscos bivalvos.

En general el CC afecta directamente las corrientes y puede provocar eventos extremos sobre todo en Mesoamérica, conlleva a un aumento en el nivel del mar, puede provocar hipoxia, acidificación de las aguas, cambios en la distribución de las especies, enfermedades y floraciones algales (Fig. 1). También hay impactos indirectos sobre los cuales no tenemos información, como el efecto de las variaciones en la pluviosidad sobre las especies, cambios en los planes nacionales de evaluación del impacto del CC, alteraciones en la agricultura y la pesca, que provocarán cambios en la acuicultura porque se altera la disponibilidad de ingredientes para preparar los alimentos balanceados.



Figura 1. Impactos directos e indirectos del cambio climático sobre la acuicultura.

Es importante entender el impacto del CC sobre cada tipo de especie cultivada. Como ejemplo, el aumento de la temperatura del agua de mar puede provocar que algunas especies se verán beneficiadas pues aumentará la velocidad de su crecimiento, y por ende mayor eficiencia de

producción para algunas especies, pero también puede haber una mayor sensibilidad a otros factores ambientales que pueden ser nocivos. Esto puede conducir a medidas de adaptación, como ajustar los calendarios de operación de las granjas, reubicar las granjas que se puedan desplazar en el espacio (jaulas, por ejemplo) y la planificación a distintos plazos de la operación. También hay que evaluar la manera como puedan verse afectadas las especies por los eventos extremos. Las especies pueden reaccionar de manera diferente al CC, y se debe determinar cómo reaccionen los peces o los moluscos bivalvos a las variaciones en la salinidad, temperatura, concentración de oxígeno, pH, en las corrientes y el oleaje.

En 2017, la Univ. de Stirling publicó un estudio de vulnerabilidad global en aguas marinas, salobres y continentales, para todo el mundo, y se ve que depende de la región y el tipo de especie y forma de cultivo. Chile muestra un impacto alto. También hay un atlas de riesgos climáticos editado por el Ministerio del Ambiente de Chile (ARCLim) donde se contemplan los impactos para doce componentes económicos, como agricultura, acuicultura, turismo, producción de electricidad, entre otros. En el caso de la acuicultura, fue producido por el equipo de Doris Soto, y el atlas hace un análisis para salmón y mejillón.

En Noruega, la Dra. Lynn Falconer y el equipo de la Univ de Stirling, hicieron un estudio de riesgos para las granjas de salmones. Destacan que el impacto difiere sobre la fase de desarrollo de los animales bajo cultivo, como reproductores, juveniles, en fase de engorde o de procesamiento. Por ello, es necesario entender dónde están ubicadas las granjas y la fase de desarrollo de la especie que se atiende. También el estudio evalúa el papel del transporte sobre la especie cultivada. El estudio se hizo para salmón, que es una especie bastante conocida, y sirve de ejemplo de las cosas que deben determinar en especies no tan conocidas, pero de importancia económica en distintos países. El estudio divide el análisis en 5 categorías: tipo de adaptación (biológica, política, nuevas tecnologías), ubicación (granja, parque acuícola o concesiones, región, país), responsables de participar en las medidas de adaptación (granja, industria, gobierno), tiempo (corto, mediano, largo) y recursos para saber cuánta investigación y desarrollo se requiere para dar respuesta de adaptación (menores, moderados, o mayores inversiones y que esos recursos continúen en el tiempo).

El Dr. Barrange mencionó en su intervención una publicación de la FAO (2018) *Impactos del cambio climático sobre la pesca y la acuicultura*, que incluye la pesca marina, continental y la acuicultura. En el Capítulo 5 se describe una caja de herramientas de adaptación, que contempla la adaptación institucional, de los medios de vida y la reducción de los riesgos y resiliencia. Por otra parte, la FAO publica casi cada 2 años un resumen del trabajo que se adelanta sobre el CC, en particular sobre la pesca y la acuicultura, que incluye mensajes clave, como que la pesca y acuicultura son muy vulnerables a los impactos del cambio climático, que existen oportunidades para reducir el uso de combustibles y la emisión de gases de efecto invernadero y que los enfoques climáticamente inteligentes en la pesca y acuicultura se basan en tres objetivos: sistemas alimentarios sostenibles, adaptación y mitigación. Hay cursos de la FAO en internet sobre acuicultura climáticamente inteligente.

En cuanto a proyectos, deseo mencionar tres de Chile, uno que fue dirigido por Doris Soto y Ricardo Norambuena de adaptación al CC y duró 5 años, versando sobre reducir la vulnerabilidad y

aumentar la adaptación al CC del sector pesquero artesanal y acuicultor de pequeña escala. Tuvo tres componentes principales: fortalecer las capacidades de instituciones públicas y privadas para una efectiva adaptación al cambio climático, mejorar la capacidad de adaptación de la pesca y acuicultura local al CC con más de 20 actividades de capacitación; y el fortalecimiento del conocimiento y sensibilización sobre el CC en las comunidades pesqueras. Se considera que el proyecto contribuyó significativamente al mejoramiento de los medios de vida de pescadores artesanales y acuicultores en Chile. También se generó mucha información que se espera pueda convertirse en un Diplomado y se cuenta con un curso de capacitación para comunidades costeras.

El segundo proyecto se desarrolló en el Mar Caribe oriental desde 2017 al 2022, y participaron 7 países. Su enfoque fue aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad a los impactos del CC en el sector pesquero del Caribe Oriental mediante medidas de adaptación en ordenación pesquera y la capacitación de pescadores y acuicultores.

Finalmente, el tercer proyecto lo lidera Ricardo Norambuena, Doris Soto y otros colegas, que se está validando en 2022. Se muestran, entre otros aspectos, la disminución o aumento de la precipitación en algunos países, en el nivel del mar, el alto grado de exposición a los eventos extremos en Mesoamérica, y estudio los mecanismos de adaptación en la legislación de los países. Encontró una correlación entre la magnitud de la acuicultura en un país y el número de instrumentos para adaptarse al cambio climático. Se evaluaron los 8 países con alta producción acuícola, representando el 96,2% de la producción de la producción acuícola del continente.

Ricardo Norambuena

Sobre el último estudio mencionado antes, se desea incluir muchos más que los 8 países referidos, pues se quiere contemplar las diversas realidades de la acuicultura de América Latina y el Caribe. Hizo reflexiones sobre el tema en discusión y expresó que el cambio climático es un proceso global en curso inexorable y tiene consecuencias ciertas e inciertas, y eso es muy preocupante. La mayor parte de la acuicultura de pequeña escala en nuestra región es muy vulnerable a muchas de las amenazas e impactos del cambio climático. Esto lo acoplo a la experiencia que tenemos en América Latina respecto a compromisos o instrumentos de nivel internacional, como el Código de Conducta para la Pesca y Acuicultura Responsables y un análisis mostraría que aún estamos lejos de dar cumplimiento a algunos de los principios contenidos en ese código.

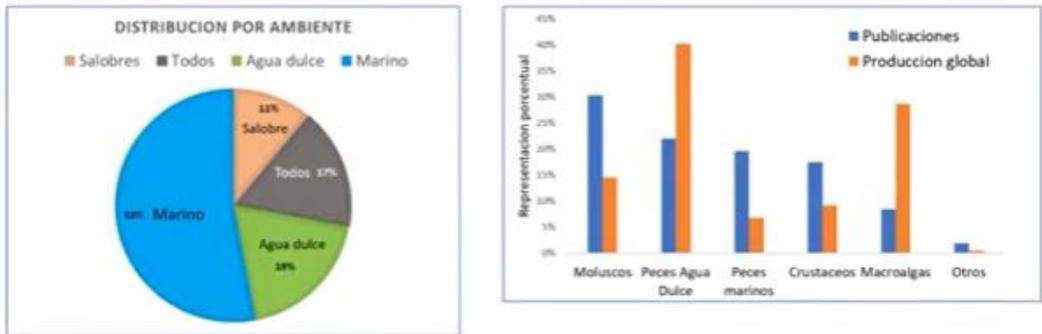
Los acuicultores de pequeña escala no solo están expuestos a los efectos del CC, sino que tienen una vulnerabilidad basal multidimensional de lo cual los gobiernos tienen que hacerse cargo. En el caso de los acuicultores de mayor escala, quienes tienen mayor capacidad de gestión económica, y, aun así, es difícil establecer medidas concretas para anticiparse a los impactos que se está generando en algunas zonas el CC, como por ejemplo la escasez o elevación de la precipitación en las regiones, que afectan la disponibilidad de la cantidad y calidad de agua. Esto está asociado a la manera como estamos comunicando adecuadamente y oportunamente las amenazas y riesgos asociados. Debemos establecer programas de comunicación de riesgo en los territorios porque muchas veces existen estudios que describen los acontecimientos que suceden con el cambio climático y los investigadores están al tanto, sin embargo tanto a nivel de los territorios como de la gobernanza, estamos bajos en

la calidad de la comunicación que se efectúa, a pesar de que las comunidades asociadas a las actividades de acuicultura tienen la percepción de que están ocurriendo cambios en los territorios que históricamente han usado.

¿Qué estamos haciendo desde la gobernanza para reducir esta vulnerabilidad? Creo que la escala temporal con la que estamos analizando y proyectando estos procesos afecta su éxito. Los planes de adaptación difícilmente se pueden mantener porque no hay estrategia de sostenibilidad, principalmente financiera, de estos planes que significan procesos de transformación de cultura, productiva, adaptaciones que generan resiliencia, y son multidimensionales. En este caso, la educación y capacitación oportunas son clave para generar los procesos de transformación de cultura y de adaptación que generan resiliencia. No resulta suficiente hacer intervenciones de uno, dos o tres años, pues son procesos permanentes, para los cuales el apoyo financiero global y nacional será clave para implementar medidas de adaptación oportunas y sostenibles, y no enfrentemos a consecuencias de emergencia o desastres.

Doris Soto

Disertó sobre abordar el CC en acuicultura: elementos relevantes a nivel global y regional. El tema lo evaluó desde dos puntos de vista; el primero haciendo una revisión de la manera como la acuicultura va avanzando en el proceso de adaptación a través de publicaciones y documentos. Hay sesgos que reflejan el desarrollo de los distintos regiones y países. Por ejemplo, las publicaciones, los libros, las revisiones, sobre acuicultura marina dominan en número a las de aguas continentales y salobres; sin embargo, sabemos que la acuicultura en aguas continentales es mucho más importante a nivel global (Fig. 2). Así mismo, vemos que las publicaciones sobre moluscos están sobrerrepresentadas en comparación con su producción, mientras que en las que versan sobre peces de aguas continentales están subrepresentadas comparado con su producción global. El interés sobre los moluscos quizás se deba a que hay interés por temas de acidificación oceánica y estos organismos son particularmente susceptibles a ello, pero no necesariamente se están abordando temas de producción global en aquellos sistemas productivos que son muy importantes para la acuicultura. Por ejemplo, las macroalgas cuya producción global es muy importante, pero están subrepresentadas en los estudios de CC.



Soto, D, Fuentes, M., Leon-Muñoz, J & Molinet, C. 2022 en rev

Figura 2. Revisión de 411 publicaciones a nivel global sobre cambio climático y acuicultura en la que se muestran sesgos en el desarrollo en diferentes ambientes acuícolas y especies (No. de publicaciones vs. producción global). Fuente: Soto *et al.* (2022).

Para evaluar el proceso de adaptación que se está observando a nivel global, lo primero es hacer proyecciones climáticas y verificar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, para saber qué es lo que puede pasar; seguidamente identificar las amenazas y cadena de efectos, evaluar riesgos, diseñar medidas de adaptación para reducir los riesgos, implementar las medidas y realizar el monitoreo y evaluación de lo efectivo que estas han sido para reducir los efectos del CC. Cuando se hace el análisis de la literatura, en nuestra región son escasos los análisis de riesgos y menos frecuentes aún los trabajos sobre medidas de adaptación. Los primeros pasos los tiene la persona a cargo de los cultivos. Los cultivos que estén en condiciones adecuadas, no estresados, van a estar en mejor forma para enfrentar los efectos del cambio climático.

Otro enfoque que presentó muestra cómo se están implementando medidas de adaptación en América Latina y el Caribe. Se muestran en primer lugar los cuatro grupos más importantes de organismos cultivados en aguas marinas: camarón, salmón, mejillón y macroalgas, y una serie de medidas de adaptación, entre las que se destacaron, la diversificación de la acuicultura, uso de la biotecnología, la selección genética, el apoyo financiero y de seguros, la mejoría de la interacción pesca-acuicultura, el monitoreo y alertas tempranas (Fig. 3).

	Camaron	Salmon	Mejillon Ch	Macroalgas	
Acuí multitrófica o diversificada	1	1	1	1	No- muy escaso
Biotecnología	2	3	1	1	Algunos avances existen
Selección genética	1	2	1	1	
Gobernanza nacional	2	2	2	2	
Gobernanza local	1	2	2	1	En implementación
Seguros y apoyo financiero	2	3	2	1	
Monitoreo y alerta temprana	2	3	2	1	
Alimentos inteligentes	2	2			
Planificación espacial	1	1	1	1	
Optimizar interacción pesca-acuí	1	1	1	2	
Mejorar la gestión (BMP)	1	2	1	1	
Adaptación en granja	1	2	1	1	

Soto y Gurney -Smith
 Contribuciones de los Países en Desarrollo
 Capítulo 5, (2022)

Figura 3. Medidas de adaptación que existen y se están implementando en América Latina y el Caribe. Fuente: Soto y Gurney-Smith (2022).

Vemos como en los cultivos en los que ha habido mayor inversión, como salmón y camarón, encontramos trabajos publicados sobre avances en las medidas de adaptación e inclusive en su implementación, cosa que se observa menos presente en recursos como mejillón y macroalgas. Pero, en particular, la planificación espacial pensando en los riesgos del cambio climático, no está presente en ninguno de los recursos considerados en esta discusión. Si uno mira la situación de la acuicultura continental en América Latina y el Caribe, es evidente que estamos mucho más atrás. Considerando cuatro rubros de peces continentales, como tilapia, trucha, cachama y carpa, vemos que, en aquellas especies como tilapia y trucha en las que ha habido más inversión económica, encontramos el empleo de biotecnología, gobernanza y seguros y apoyo financiero, pero estos elementos están ausentes en el caso de las especies nativas, aunque se observa el uso de alimentos inteligentes en el caso de la cachama y optimización pesca-acuicultura en el cultivo de carpas.

Tenemos bastante que avanzar para enfatizar y poner más foco en aquellos aspectos que necesitan más ayuda, especialmente tratando de entender la adaptación local a las amenazas del cambio climático.

María Claudia Merino

En Colombia el 97% de la acuicultura es continental. Se han detectado muchas perturbaciones debidas al cambio climático, y han afectado mayormente a los pequeños productores. En el caso de la acuicultura, hay afectación por la escasez de agua o su exceso, pues las inundaciones afectan los caminos y dificultan el transporte de insumos y el traslado de los productos cosechados, por lo que hay incrementos en los precios, daños en las viviendas y en la cobertura de las necesidades básicas de la población. La pesca continental en este momento está detenida por la crecida de los ríos. Colombia tiene una Plan Nacional de Adaptación al CC que contiene 5 estrategias principales:

biodiversidad, recurso hídrico, infraestructura, seguridad alimentaria y hábitat. En el de seguridad alimentaria el Ministerio de Agricultura tiene varias iniciativas de acción, pero apenas se encuentran en construcción.

Fernanda García Zampaio

Considerando el tema ya tratado anteriormente sobre la vulnerabilidad de la acuicultura, hizo algunas consideraciones acerca del programa que existe en Brasil para establecer una estrategia de adaptación al CC sobre la agricultura e incluye también la acuicultura. Se trata específicamente el tema de la inversión térmica para la piscicultura en reservorios de agua. Hemos trabajado en medidas de adaptación para ser implementadas en las granjas, fortaleciendo las tecnologías que puedan contribuir a disminuir la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia al CC. Es un esfuerzo muy importante que los países de América Latina y Caribe deben hacer para incluir la acuicultura en los planes de adaptación nacionales. Debe darse importancia al papel de las universidades de los países para que tengamos más atención y dar garantía al seguro nutricional. Los estudios presentados aquí reflejan el estado del conocimiento sobre el tema de la vulnerabilidad al CC. Hay muy pocas medidas de adaptación en acuicultura continental. Sin las medidas de adaptación y la tecnología, los productores serán más vulnerables al CC, por lo que los investigadores que desarrollan tecnología deben implementar más medidas de adaptación al CC.

CONCLUSIONES

El cambio climático afecta de manera importante a la acuicultura, pero lo hace de forma particular a cada especie cultivada y varía según su estado de desarrollo y el sistema de cultivo utilizado. Hay efectos directos sobre las especies (temperatura, alimentación, pH) o indirectos (corrientes, nivel del mar). Las medidas de adaptación al CC han estado asociadas a los niveles de inversión en los diferentes cultivos, más diversas y efectivas en la maricultura que en los cultivos de especies continentales. Los acuicultores de pequeña escala tienen una vulnerabilidad basal multidimensional de lo cual los gobiernos tienen que hacerse cargo. Es importante contar con la promoción de medidas de adaptación al CC en los Planes Nacionales.

RECOMENDACIONES

Es importante entender el impacto del CC sobre cada tipo de especie cultivada, particularmente el efecto de eventos extremos. Debido a que el CC es un proceso permanente, el apoyo financiero global y nacional será clave para implementar medidas de adaptación oportunas y sostenibles, y no enfrentemos a consecuencias de emergencia o desastres.

AGRADECIMIENTOS

Esta relatoría fue realizada con la colaboración de José Javier Alió de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Politécnica Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.



Sesión 03 | La Acuicultura de Pequeña Escala en Mesoamérica: retos y visión

Small-Scale Aquaculture in Mesoamerica: challenges and vision

<https://www.youtube.com/watch?v=s5EsPI338eI>

Francisco Martínez Cordero

Coordinador de la Red Mesoamericana de Acuicultura de Pequeña Escala, México



Billy Cazali,

Representante Agrocadena de la Tilapia de Guatemala, Presidente de la Asociación Nacional de Productores de Tilapia, Delegado país REMAPE, Guatemala

Nena Salas

Delegado país REMAPE, Costa Rica

Carlos Mena

Presidente de la Asociación Dominicana de Acuicultores, Delegado país REMAPE, República Dominicana

RESUMEN | La acuicultura de pequeña escala en Mesoamérica está representada por la Red Mesoamericana de Acuicultura de Pequeña Escala, e involucra productores de 6 países, desde aquellos autoempleados y con recursos limitados (AREL), hasta pequeños y medianos productores. La producción es fundamentalmente de tilapia, para abastecer el autoconsumo, los mercados locales y, en algunos países, la exportación. Los numerosos proyectos acuícolas en zonas de bajos recursos económicos han tenido un impacto substancial en la economía familiar. A nivel local, la acuicultura rural es una fuente importante de alimentos para la familia del productor y la colectividad que lo rodea, contribuyendo a la seguridad alimentaria. Se ha observado que muchos productores, especialmente jóvenes, progresan y aumentan su nivel de desarrollo, adoptando medidas innovadoras de tecnología y ofrecen productos de alta calidad. Se describió un proyecto de acuaponía tilapia-hortalizas en Costa Rica, desarrollado por mujeres.

Palabras clave |

Microproductor, productor mediano, red de productores, mercado, tilapia, hortalizas, acuaponía, planificación.

ABSTRACT | Small-scale aquaculture in Mesoamerica is represented by the Mesoamerican Network of Small-Scale Aquaculture, and involves producers from 6 countries, from those self-employed and with limited resources (ALRE), to small and medium producers. Production is mainly tilapia, to supply self-consumption, local markets and, in some countries, export. The numerous aquaculture projects in areas of low economic resources have had a substantial impact on the family economy. At the local level, rural aquaculture is an important source of food for the producer's family and the surrounding collectivity, contributing to food security. It has been observed that many producers, especially young ones, are progressing and increasing their level of development, adopting innovative measures of technology and offering high quality products. A women-developed tilapia-vegetable aquaponics project in Costa Rica was described.

Keywords |

Micro producer,
medium producer,
network of producers,
market,
tilapia,
vegetables,
aquaponics,
planning.

Este año es el Año internacional de la pesca y la acuicultura artesanales. Como parte de este interés por darle visualización y relevancia a este sector de la pesca y acuicultura a pequeña escala, interesó conformar en la región mesoamericana una red específica de productores acuícolas que se enfocara tanto en acuicultores con recursos limitados (AREL, dicit FAO), como en productores de pequeña y mediana escala. Los acuicultores AREL son autoempleados con carencia de al menos un insumo de producción que les impide escalar, pero con una gran importancia desde el punto de vista nutricional, y la segunda es aquella con enfoque comercial que se desarrolla con diversas tecnologías y sistemas. En todos estos casos se comparten aspectos entre los productores acuícolas de pequeña escala, con particularidades regionales. Así surge la Red Mesoamericana de Acuicultura de Pequeña Escala (REMAPE) con el objeto de socializar las necesidades y avances de los AREL así como de los micro y pequeños productores.

Se desea tener una mejor representación de estos pequeños productores, para que sean escuchadas sus necesidades en las instancias de decisión de los países y lograr el intercambio de experiencias entre productores. Es alta la importancia de este tipo de productores en la región Mesoamericana. Una vez constituida formalmente la REMAPE, se desea abordar temas de mejoras económicas y sociales entre los productores, como trabajo, seguridad social, comercio de los productos. Integran la red, productores de México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Costa Rica y República Dominicana, con el apoyo de la FAO y de OSPESCA. Esperamos que a partir de 2023 podamos estar representados en las instancias de decisión de los gobiernos de los países integrantes de la red y atender necesidades particulares de los productores asociados.

Se describió la misión y visión de la red y la necesidad de integrar la labor de la academia, los entes gubernamentales, los productores, así como el apoyo de expertos y organizaciones

internacionales. Entre los objetivos de la red están el intercambio de experiencias entre los trabajadores de la cadena de valor, identificar oportunidades de mercado conjunto, promover el uso de innovaciones tecnológicas de cultivo y el uso de tecnología financiera, promover la ayuda solidaria ante eventos catastróficos, participar en propuestas para mejorar la gobernanza y normatividad de los recursos cultivados.

En la economía rural, la acuicultura es un generador de ingreso y empleo. Pero el progreso del cultivador se basa en dar un salto en la escala de inversión. A nivel local, la acuicultura rural es una fuente importante de alimentos para la familia del productor y la colectividad que lo rodea, contribuyendo a la seguridad alimentaria. Esto se evidencia por el impacto observado de los numerosos proyectos acuícolas de pequeña escala en zonas de alta pobreza en la región mesoamericana. La costumbre de las comunidades de consumir pescado fresco es una ventaja para el productor acuícola que puede ofrecer este producto en mercados locales, e involucrando en la producción y comercialización a las mujeres y a los jóvenes de la familia.

Entre los retos que enfrenta la REMAPE están la asociatividad y la promoción del trabajo conjunto aún entre productores de distintos países, el extensionismo y la capacitación de los productores asociados; la implementación de medios para alcanzar la seguridad social entre productores rurales; el acceso a mercados que por el volumen que usualmente exigen lucen inaccesibles para el productor individual pero no para el productor asociado; el acceso a financiamiento que igualmente se facilita cuando el productor está asociado y debe estar orientado hacia el pequeño productor; el desarrollo incluyente y equitativo haciendo que el productor sea parte de los procesos de análisis de desarrollo sostenible, y esto último pasa por involucrar al pequeño productor en el manejo comunitario de los recursos naturales.

Billy Cazali

En Agrocadena - Guatemala estamos involucrados en el cultivo de tilapia y el grupo de productores va desde los micro a los industriales. Tenemos un mercado interno importante y la producción local no alcanza para abastecer el mercado, por lo que se recibe tilapia importada de los 4 países vecinos. Prácticamente no hay exportación de tilapia desde Guatemala.

Se encuentra que los productores están segmentados, pero se destaca que hay un grupo de productores que por el volumen de producción serían pequeños, pero tienen capacidad económica y técnica para invertir y ofrecer productos de una calidad superior con buena capacidad de producción para el mercado local. Se observa un crecimiento anual importante de este tipo de productor y muchos crecen y eventualmente dejan REMAPE.

En cuanto a la posición de los jóvenes en involucrarse en actividades acuícolas, Guatemala es un país eminentemente agrícola con buena calidad de suelo y de agua. Esto ha dado la pauta para estos productores que se dedican tanto a la agricultura como a la acuicultura, diseñando proyectos pequeños para aprovechar el agua, cultivar peces y, luego de fertilizada, se utiliza para irrigar plantas. Muchos estudiantes universitarios participan en este esquema de producción.

Carlos Mena

La Asociación Dominicana de Acuicultores (ADOA) se fundó en 1995 y representa a los acuicultores ante el Consejo Dominicano de Pesca y Acuicultura y otras instituciones. La acuicultura es un sector pecuario que contribuye al desarrollo económico del pequeño al gran productor, y podría contribuir a la economía en un mediano plazo con ingresos de 250 MM\$ en República Dominicana. El país debe adoptar una visión de estado con una política integral acuícola, que rendiría muchos beneficios ya que los acuicultores son pequeños empresarios. La legislación que regula al sector acuícola está obsoleta y necesita ser actualizada. Hay que fortalecer el desarrollo de la acuicultura para que el sector pueda soportar los cambios ambientales y de cualquier otra índole, tratando todas las posibles aristas de la economía del sector. La planificación debe hacerse de manera consensuada entre el mercado, las estructuras básicas de apoyo al sector como el sector gubernamental regulador de la actividad, y el sector productivo.

Nena Salas

La Asociación Agropecuaria de Tilapia nació en 1998 por iniciativa de un grupo de mujeres para beneficiar a sus familias. En 2014 decidimos mejorar la técnica de cultivo y adoptar la acuaponía, creando el proyecto Atilplan acuaponía para el cultivo de peces y hortalizas, siendo éste un proyecto único en Costa Rica. Hemos recibido capacitación por parte de INFOPECA y también de cultivadores de tilapia. La producción es libre de agroquímicos por la presencia de los peces. El agua se obtiene de la lluvia y se purifica continuamente con filtros biológicos, recirculando entre los tanques de peces y las plantas por medio de una bomba. Los peces y hortalizas producidas son de alta calidad.

Como pequeños productores, necesitamos que los alevines sean de calidad, para asegurar que luego de 1 año, los peces alcancen la talla esperada. El financiamiento para grupos de mujeres en pequeña escala ha sido muy escaso y se ha conseguido cocinando comidas y haciendo rifas.

Francisco Martínez hizo la acotación de que estos ejemplos descritos por los tres ponentes son ejemplos de lo que se ha alcanzado con la acuicultura de pequeña escala en Mesoamérica, habiendo

interesado a numerosos productores, causando un impacto apreciable en la mejora de la condición económica de sus familias y en su seguridad alimentaria.

Alejandro Flores Nava hizo la acotación de que el FIRMA, a través de estas sesiones, ha trascendido al aspecto académico, permitiendo involucrar directamente a los productores pesqueros.

CONCLUSIONES

La Red Mesoamericana de Acuicultura de Pequeña Escala (REMAPE) surge con el objeto de socializar las necesidades y avances de los pequeños productores acuícolas. Se desea tener una mejor representación de estos pequeños productores en las instancias de decisión de los países miembro a partir de 2023. En la economía rural, la acuicultura es un generador de ingreso y empleo, y se observa el progreso del cultivador al dar un salto en la escala de inversión. A nivel local, la acuicultura rural es una fuente importante de alimentos para la familia del productor y la colectividad que lo rodea, contribuyendo a la seguridad alimentaria. Ha sido notable el impacto observado de los numerosos proyectos acuícolas de pequeña escala en zonas de alta pobreza en la región mesoamericana.

RECOMENDACIONES

Es necesario integrar la labor de todos los actores del sector para lograr alcanzar los objetivos de la red. Deben mantener programas de capacitación para los productores interesados en involucrarse en la acuicultura de pequeña escala. Es fundamental disponer de programas de financiamiento semilla, que permita la incorporación de nuevos productores acuícolas. La planificación del sector acuícola en cada país debe hacerse de manera consensuada entre el sector productivo, el ente gubernamental regulador, las academias y el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Esta relatoría fue realizada con la colaboración de José Javier Alió de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Politécnica Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.



Sesión 04 | En honor a la pesca y acuicultura artesanal

In honor of artisanal fishing and aquaculture

<https://www.youtube.com/watch?v=s5EsPI338eI>

Christian Berger
Universidad Científica del Sur



RESUMEN

Esta sesión se ocupa de la contribución que realizan la pesca y la acuicultura al desarrollo sostenible - y en particular -, resaltando que nos encontramos precisamente en el declarado por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas como “Año Internacional de la Pesca y Acuicultura Artesanales”.

Es importante resaltar que, en su Declaración de Principios y en sus objetivos fundamentales, este “Año Internacional” nos orienta a apreciar la contribución de este importante sector a la alimentación y desarrollo sostenibles, y la necesidad de su debido reconocimiento y apoyo. Esto se expresa claramente en su declaración de principios

“Un mundo en el que los pescadores, piscicultores y trabajadores de la pesca artesanal en pequeña escala, de ambos sexos, gocen de pleno reconocimiento y empoderamiento para seguir contribuyendo a la mitigación de la pobreza, al bienestar humano y a la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas alimentarios, mediante el uso responsable de los recursos pesqueros y acuícolas y el desarrollo socioeconómico”.

Asimismo, hay que recordar que los objetivos del Año Internacional de la Pesca y la Acuicultura Artesanales 2022, son:

- Aumentar la sensibilización y la comprensión mundiales sobre la contribución de la pesca y la acuicultura artesanales en pequeña escala al desarrollo sostenible, las medidas destinadas a su apoyo, su relación con la seguridad alimentaria y la nutrición, la erradicación de la pobreza y la utilización de los recursos naturales, contribuyendo así también a muchos de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.
- Promover el diálogo y la colaboración entre estos sectores, y los gobiernos y otros asociados clave a lo largo de la cadena de valor, Seguir fortaleciendo su capacidad para mejorar la sostenibilidad de estas actividades y potenciar su buen desarrollo.

A este respecto y en una primera instancia, se tuvo la exposición sobre esta declaratoria, en particular señalándose su importancia para los sistemas alimentarios, medios de vida, cultura y medio ambiente, a cargo del Sr. GABRIEL G. SALAZAR VEGA, Viceministro de Pesca y Acuicultura del Ministerio de la Producción de Perú. Se expresó asimismo, el trabajo realizado por Perú, como Presidente del Comité Directivo Internacional de la FAO, y encargado de liderar esta importante celebración.

Seguidamente, y como referencias a casos exitosos en actividades de acuicultura y pesca artesanales en el Perú, se desarrollaron tres exposiciones de personas relacionadas directamente a estas prácticas:

- La Sra. REYNA CALLATA CHACO, acuicultora artesanal, Gerente de la empresa Truchas Arapa S.A.C. – Acuicultores Artesanales, con el tema: “Experiencia de éxito del cultivo de trucha en Puno”
- La Sra. VANESSA SÁNCHEZ SÁNCHEZ, Directora del CITE ACUICOLA PESQUERO AHUASHIYACU – ITP, refiriéndose la “Experiencia en innovación y transferencia tecnológica en la pesca y acuicultura artesanales en la región amazónica.”
- La Sra. ELSA VEGA PARDO, armadora pesquera artesanal, Presidenta de la Sociedad Nacional de la Pesca Artesanal (SONAPESCA), exponiendo sobre “El rol de la mujer en la pesca artesanal.”

Finalmente, la Dra. NATHALY VARGAS LÓPEZ, Decana de la Facultad de Biología Marina e Ingeniería Acuícola de la Universidad Científica del Sur, realizó una valoración de la importancia de la pesca y la acuicultura artesanales, su contribución con el desarrollo local y el

manejo responsable de los recursos hidrobiológicos; así como su asociación con la formación de capital humano y la ciencia.

Al finalizar, la jornada recordó lo señalado en la Declaración de este Año Internacional, en el sentido que representa la oportunidad de poner en valor el potencial y la diversidad de la pesca y la acuicultura artesanales en pequeña escala, y destacar los beneficios que pueden obtenerse, al facilitarse las asociaciones y todas las formas de cooperación con los pescadores, acuicultores y trabajadores de la pesca, en el camino hacia el desarrollo sostenible.



Sesión 05 | Especies acuáticas invasoras

Invasive aquatic species

<https://www.youtube.com/watch?v=3BcTfjpnUiE>

Gustavo Darrigran

Universidad Nacional de La Plata; FaHCE y
Museo de La Plata. CONICET, Argentina



Oscar Lasso-Alcalá

Museo de Historia Natural, Fundación La Salle de
Ciencias Naturales, Venezuela

Cristóbal Villaseñor-Parada

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile

Silvia Falco

Universitat Politècnica de València, España

Tomás Maiztegui

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Cristina Damborenea

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

RESUMEN | En la Sesión 5, “Especies Acuáticas Invasoras”, del XI FIRMA 2022, especialistas de cuatro países (Argentina, Chile, España y Venezuela) expusieron cinco ejemplos de especies acuáticas invasoras 1- Bivalvos no-nativos de América del Sur. 2- Expansión del pez *Cyprinus carpio* en Argentina. 3- Macroalgas invasoras en la costa de Chile. 4- Impacto y gestión sobre *Callinectes sapidus*, el cangrejo atlántico azul, en el Mediterráneo español. 5- Invasión del octocoral *Unomia stolonifera* en el caribe. A través de los casos expuestos, se pretendió profundizar y destacar el conocimiento sobre las especies acuáticas invasoras a través de una estrategia de comunicación -en inglés, las 5 W-, donde las preguntas no admiten un sí o un no, sino una explicación (quién las introduce, qué son, cuándo, dónde y por qué).

Palabras clave:

No-nativas,
gestión,
manejo,
investigación,
sociedad,
educación

ABSTRACT | In the Session "Invasive Aquatic Species" of the XI FIRMA 2022, specialists from four countries (Argentina, Chile, España and Venezuela) presented five examples of invasive aquatic species 1- Non-native bivalves of South America. 2- Expansion of the *Cyprinus carpio* fish in Argentina. 3- Invasive macroalgae on the coast of Chile. 4- Impact and management on *Callinectes sapidus*, the Atlantic blue crab, in the Spanish Mediterranean. 5- Invasion of the octocoral *Unomia stolonifera* in the Caribbean. Through the cases presented, it was intended to deepen and highlight knowledge about invasive aquatic species through a communication strategy -the 5 W-, where the questions do not admit a yes or a no, but an explanation (who introduces them, what are they, when, where and why).

Key words:

Non-native, management, research, society, education

INTRODUCCIÓN

Reconocemos al cambio climático como el principal factor desestabilizador del equilibrio ambiental. Sin embargo, otras amenazas ambientales y ecológicas también están muy extendidas y en expansión en el planeta, como los cambios en el uso de la tierra, la contaminación, las invasiones de especies, las enfermedades, la sobreexplotación de recursos y el mal uso de servicios ecosistémicos (Auber *et al.*, 2022). Estos impactos generados por los humanos representan peligros inminentes para las personas y para las especies que componen y sustentan los ecosistemas. La desatención a estos problemas y al cambio climático, han llevado a la extinción de un número considerable de especies y a que un gran número se encuentren al borde de la extinción (Shivanna, 2019).

Varios autores indican que los cambios ambientales mencionados han precipitado la “sexta crisis de extinción masiva” (Cowie *et al.*, 2022). Asimismo, considerando que la diversidad biológica y el funcionamiento de los ecosistemas forman la base de la existencia humana, los cambios ambientales en general y los inducidos por el humano en particular, pueden tener graves repercusiones en la biosfera y amenazar la supervivencia de la propia humanidad. La conservación de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas se ha convertido, por tanto, en uno de los grandes retos a los que se enfrenta el humano en las próximas décadas (Auber *et al.*, 2022). Aplicar acciones globales

concertadas para reducir y revertir la tendencia a la degradación ambiental es indispensable para conservar la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, es decir para protegernos a nosotros mismos y a nuestro planeta.

Por su parte, las invasiones biológicas han sido reconocidas como una de las mayores amenazas para la biodiversidad y un efecto semejante es provocado también por las especies trasplantadas (Darrigran *et al.*, 2020, 2022). La gran mayoría de las invasiones recientes son atribuibles a actividades humanas asociadas con el comercio internacional, que está acelerando la propagación de organismos a nuevas regiones, en donde numerosas especies acuáticas han sido introducidas en todo el mundo, causando severas alteraciones, y en muchos casos severos perjuicios en los ecosistemas acuáticos continentales (Ricciardi, 2006) y en el medio marino, afectando a la explotación de recursos o el turismo costero, importantes motores para el desarrollo local y regional (Drius *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023). Desde la primera publicación que mencionó y alertó sobre bioinvasiones (Elton, 1958), se ha tomado relativa conciencia de que las invasiones biológicas son un componente significativo y representan un gran desafío para la conservación de la biodiversidad (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Simberloff, 2005). Las especies se transportan por todo el mundo, transformándose en potenciales especies invasoras, a una velocidad y en un número sin precedentes (Darrigran *et al.*, 2020), alterando significativamente los ecosistemas (Simberloff *et al.*, 2012) y causando efectos socioeconómicos considerables (Pejchar and Mooney, 2009). A nivel global, estos problemas llegan hasta niveles altos de la política, como lo ejemplifica en particular el Artículo 8(h) del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB 1992) y las decisiones posteriores de las conferencias de las partes del CDB (e.g., Aichi Biodiversity Target 9, CDB 2010) y las estrategias regionales sobre especies invasoras (para Europa, véase, por ejemplo, Genovesi & Shine, 2004 or Estrategia de Biodiversidad de la UE en European Commission, 2021).

Sobre la base que el manejo de las invasiones biológicas es necesario no solo para sostener la biodiversidad y al medio ambiente, sino también para salvaguardar los sectores productivos para la humanidad (Vila and Hulme, 2017), se debe considerar a las bioinvasiones, no solo en el campo de la biología, sino también en lo social (Bortolus and Schwindt, 2022), lo cual es un complemento fundamental como lo esbozado ya en los inicios del 2000 cuando se comienza a discutir de la nueva disciplina de la Biología, es decir la Biología o Ecología de las Invasiones (Falk-Petersen, 2006; Lockwood *et al.*, 2007). No obstante, estos componentes, biológico y social, no se encuentran asociados de forma completa en los programas de gestión contra las bioinvasiones, al menos en América del Sur.

En este trabajo se pretendió profundizar y destacar el conocimiento sobre las especies acuáticas invasoras de quién las introduce, qué son, cuándo, dónde y por qué (las 5 W en inglés- una estrategia de comunicación, donde las preguntas no admiten un sí o un no, sino una explicación), a través de

las cinco exposiciones presentadas en la Sesión 6 “Especies Acuáticas Invasoras” del XI FIRMA 2022 de especies no-nativas invasoras que afectan directa o indirectamente al humano, ya sea impactos sobre el ambiente o con efectos sobre la producción económica y el trabajo a grupos sociales.

RESULTADOS

Las exposiciones realizadas en la Sesión “Especies Acuáticas Invasoras” del XI FIRMA 2022, resaltan la relación existente entre la dimensión humana y la dimensión biológica de los efectos e impactos mediante casos emblemáticos (Tabla 1) y que se resumen a continuación.

Tabla 1. Síntesis de los impactos en el ambiente natural, efectos en el sistema artificial y control de las especies invasoras consideradas en la Sesión 6 del XI FIRMA 2022

TAXON	Impacto	Efecto	Control
<i>Callinectes sapidus</i> (Rathbun 1896) "cangrejo Atlántico azul"	Es un omnívoro oportunista con el potencial de infligir un impacto a múltiples niveles tróficos en los hábitats no nativos*	(1) Los pescadores perciben efectos negativos: •mutilación de peces atrapados en trampas y redes, •roturas de aparejos de pesca. (2) Su pesca comercial comenzó en 2016 en diferentes sitios de la costa mediterránea española (3) Efectos del cangrejo sobre los bancos naturales y las granjas de bivalvos.	Hay que considerar que <i>C. sapidus</i> es una especie invasora y recurso pesquero. La pesca comercial comenzó en 2016 en diferentes sitios de la costa mediterránea española como mecanismo de control. La idea es que a través de la pesca del invasor se produzca un descenso de la abundancia que lleve a la reducción del impacto ecológico y efecto económico.
<i>Unomia stolonifera</i> (Gohar, 1938) "coral blando invasor"	Coloniza rápida y agresivamente distintos tipos de sustratos duros y blandos, entre los cero y 50 m de profundidad, incluidos arrecifes de coral y praderas de	Directo sobre las pesquerías artesanales (actividad y medio principal de sustento de numerosas poblaciones de la zona costera). Igualmente, está afectando al turismo de playa y a otras	Se genera el Proyecto UNOMIA, como la primera iniciativa para la investigación, educación y manejo de la invasión de <i>Unomia stolonifera</i> en el Gran Caribe.

* *Callinectes sapidus* prefiere depredar sobre moluscos bivalvos (e.g. sobre el invasor mejillón cebra *Dreissena polymorpha*). Cesar et al. (2003) exponen sobre la nueva distribución de *C. sapidus* e informa sobre sus hábitos alimentarios en el Río de la Plata como depredador del invasor mejillón dorado, *Limnoperna fortunei*.

	<p>pastos marinos. Ocupa el fondo, eliminando directamente o desplazando, toda la diversidad bentónica nativa. Invadió para el 2022, más de 600 nuevas localidades de la costa oriental, central y occidental de Venezuela, ocupando una superficie estimada mayor a 2.100.000 m².</p>	<p>actividades económicas productivas (pesca deportiva, el buceo recreativo y deportivo).</p>	
<p><i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758 "carpa" o "carpa común"</p>	<p>Al buscar su alimento succiona material del fondo, por lo tanto, aumenta la turbidez del agua por la suspensión de sólidos inorgánicos e indirectamente por la recirculación de nutrientes. Introducir carpas puede causar impactos sobre las plantas acuáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Destrucción por el aumento de la turbiedad. - Desarraigo al sustrato. <p>Asimismo, reduce los sitios de desove disponibles para especies fitofílicas. En síntesis, la carpa común disminuye la biodiversidad en cuerpos de aguas naturales.</p>	<p>El aumento de turbidez y siguiente disminución de hidrofítas, explica porque es común usar a la carpa como control biológico sobre las plantas en los estanques para la producción de peces y en los canales de riego.</p>	<p>Se demuestra la importancia de incorporar la dinámica hidrológica para diseñar estrategias de manejo de una especie invasora mundialmente exitosa.</p>
<p>Macroalgas exóticas</p>	<p>Estas especies de algas compiten por el espacio con especies nativas. Asimismo, hacen un ambiente propicio para el asentamiento de otras especies de algas no-nativas (e.g. <i>Codium</i> sp).</p>	<p>Sobre el litoral marino, se menciona como</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Efecto positivo a la explotación comercial de algunas especies (e.g. alimento). 2) Como negativo, en: 	<p>Se está en la etapa inicial de recopilación de información de macroalgas exóticas en la costa chilena, lo que permitirá entender el proceso de invasión de estos organismos, a través</p>

	En agua dulce, la invasión del Didymo (<i>Didymosphenia geminata</i>) impide el crecimiento de otras algas, provocando que disminuyan o la desaparición de macroinvertebrados bentónicos (insectos, crustáceos, caracoles acuáticos, entre otros) afectando las áreas de alimentación y reproducción de peces.	* Acuicultura de algas y moluscos. * Para el turismo, al varar gran cantidad de algas en las playas, liberan mal olor. Sobre el litoral de agua dulce, se destaca el efecto del "Dydimó", sobre el turismo.	del análisis de los patrones descritos en estos sistemas, para poder actuar de forma sostenible.
<i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker 1857) y <i>Corbicula fluminea</i> (Muller, 1774) " bivalvos invasores " de agua dulce	Ambas especies son ejemplos de agresivas invasiones, tanto por la velocidad y magnitud en su dispersión como por su rol de ingenieros de ecosistemas	Sobre el sistema artificial y económico, fundamentalmente <i>Limnoperna fortunei</i> en América del Sur al ocluir filtros y cañerías de tomas de agua para consumo humano, plantas generadoras de energía, refrigeración de industrias, etc.)	El análisis de redes es una herramienta para identificar puntos "calientes", vulnerables para el ingreso de especies no-nativas. El conocimiento de estos, facilitaría la prevención de especies invasoras al generar estrategias sostenibles para tal fin.

Análisis de Redes

En su exposición, Cristina Damborenea presentó los resultados preliminares de una investigación en colaboración con Evangelos Vlachos, Agustín Victorero y Gustavo Darrigran, en la que se analizó la Conectividad y los Patrones de Invasión en Bivalvos Dulceacuícolas de América del Sur. En primer lugar, se destacó el importante rol del comercio internacional en el incremento de las tasas de introducción de especies no-nativas, muchas de las cuales son o podrán transformarse en especies invasoras en el nuevo ambiente. Al proporcionar enlaces rápidos de transporte entre lugares espacialmente distantes del planeta, el sistema de comercio mundial denominado "Globalización", aumenta los riesgos del movimiento deliberado o accidental y el establecimiento de organismos exóticos.

Los niveles de tránsito comercial siguen aumentando y las alteraciones climáticas regionales, ya sea debido al cambio global o a la acción humana, incrementan estos riesgos, tanto espacial como temporalmente.

Asimismo, la gestión de especies invasoras depende no solo de aspectos (1) biológicos -muchas veces en sinergia con el cambio climático- y (2) económicos, sino también (3) de cómo las instituciones de gestión ambiental influyen en la interacción de estas especies y las partes sociales interesadas. Estos tres elementos interactúan en todas sus facetas, conformando un sistema de redes difícil de abarcar. Con la finalidad de comprender y analizar estos aspectos, se aplican distintos modelos, entre ellos, la teoría de redes. Estas pueden definirse como un conjunto de nodos que representan por ejemplo especies, áreas, ecorregiones, etc., conectados por bordes que definen las interacciones entre ellos, y se pueden utilizar para describir cualquier tipo de interacción incluyendo, ambientales, tróficas, introducción de especies, etc.

En esta presentación se consideraron: (1) Dos casos de especies de bivalvos dulceacuícolas invasores (Figura 1) -*Corbicula fluminea* o “almeja asiática” y *Limnoperna fortunei* o “mejillón dorado”-; y (2) el análisis de redes como metodología para determinar la probabilidad de propagación de especies a través de redes comerciales y de transporte. Entre los resultados preliminares se destaca que:

- a) la dispersión de *Corbicula fluminea* concuerda con el grado en conectividad reconocido entre diferentes regiones de América del Sur;
- b) la geografía y los vectores modelan la dispersión de *Limnoperna fortunei*;
- c) que el patrón de conectividad de la Cuenca del Plata es significativamente diferente a las otras regiones de América del Sur y que la región del Río de la Plata en particular debería recibir especial atención en la prevención y control de introducción de especies.

De esta forma el análisis de redes podría ser una herramienta para identificar puntos críticos de vulnerabilidad y permitir el desarrollo de estrategias efectivas para prevenir invasiones o su extensión.

Corbicula fluminea ingresó en la década de 1970 y actualmente ocupa gran parte del continente (Figura 1, A); (Figura 1, B) patrón de conectividad de las cuatro regiones (AT: Atlántico subtropical, NA: Andes del Norte, SA: Andes del Sur y CA: Andes Central) delimitadas previamente por Darrigran *et al.*, (2020), presentaron diferencias significativas entre NA y SA, indicando que la dispersión de esta especie concuerda con el grado en conectividad de América del Sur. *Limnoperna fortunei* ingresó al continente a principios de la década 1990 y hasta la fecha se dispersó por la región este de América del Sur (Figura 1, C), el análisis de redes (Figura 1, D) indica que el patrón de conectividad de los nodos con *L. fortunei* es significativamente diferente al de los nodos sin la especie.

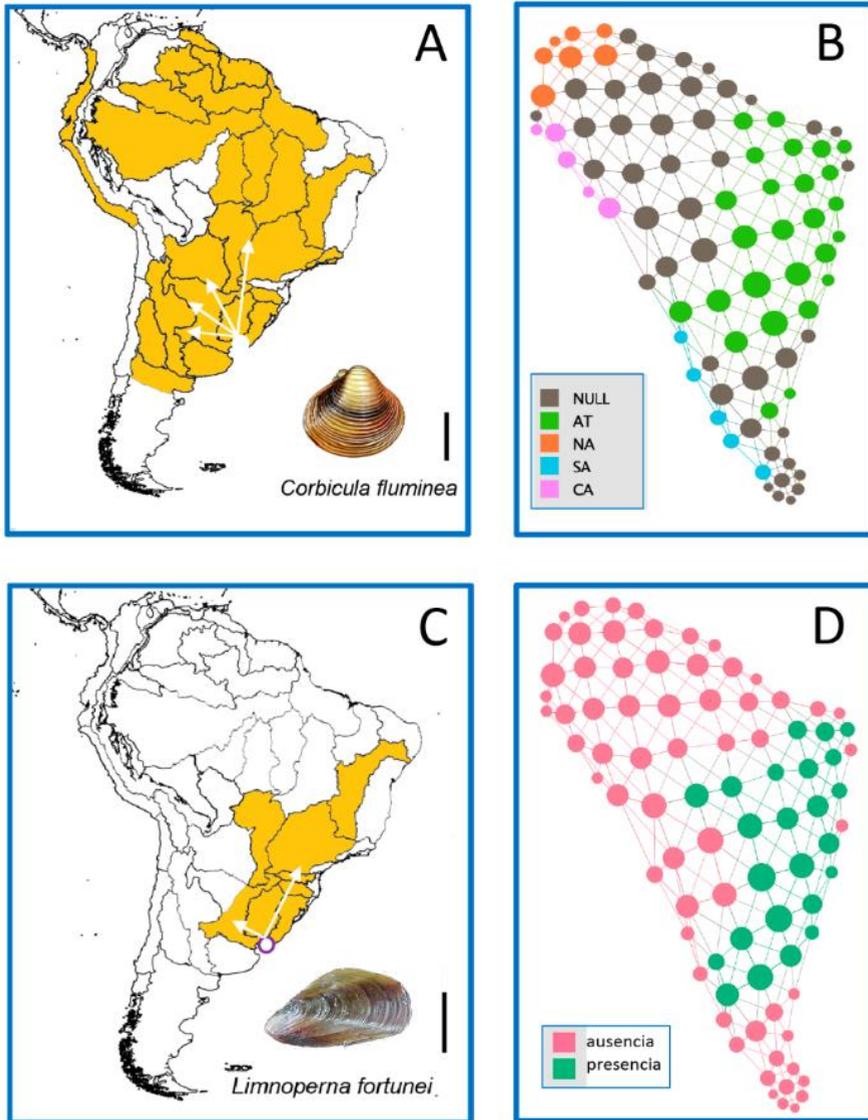


Figura 1. Ejemplo de la aplicación de la teoría de redes para el estudio de bioinvasiones de dos especies de bivalvos invasores de agua dulce introducidas a América del Sur por el Río de la Plata.

Cangrejo Atlántico Azul

Por su parte, la disertación de Silvia Falco se basó en la Distribución, Impactos y Estrategias de Gestión del “cangrejo atlántico azul” en las Aguas Mediterráneas Españolas. En ella describió al cangrejo *Callinectes sapidus*, como especie invasora en el mar Mediterráneo.

El primer registro en el Mediterráneo ocurrió a mediados del siglo XX, sin embargo, la presencia en las costas mediterráneas españolas fue mucho más tardía. Recién en 2012, se produjo la primera observación publicada en el Delta del Ebro (Castejón and Guerao, 2013) y, a partir de entonces, su expansión a lo largo de las costas españolas fue muy rápida (Figura 2).

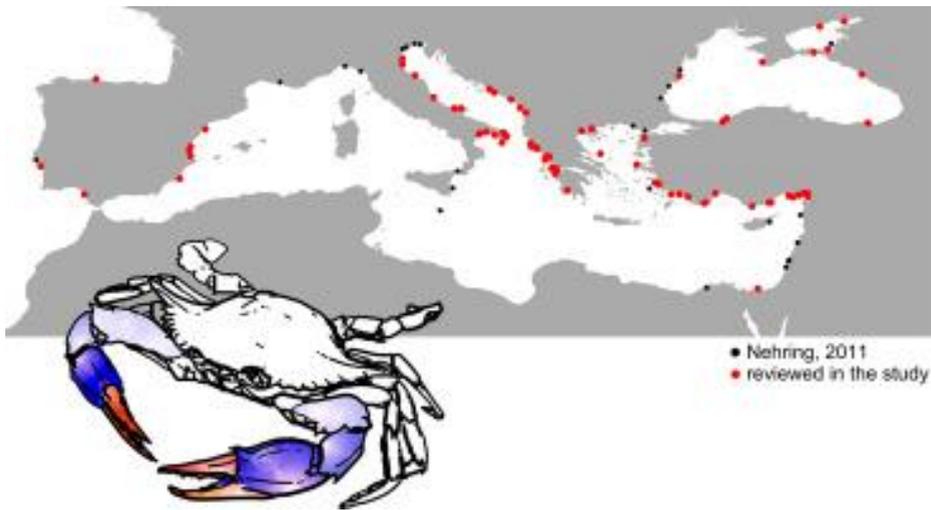


Figura 2. Expansión del invasor *C. sapidus* en las aguas costeras del sur de Europa (Mancinelli *et al.*, 2017).

La ecología trófica de esta especie fue investigada en los ecosistemas españoles invadidos. Se pretende conocer, a partir, de pocos estudios iniciales realizados en laboratorio de la función depredadora del cangrejo azul sobre bivalvos marinos y de agua dulce (CCEDCV, 2017; Prado *et al.*, 2020). También, mediante el uso de isótopos estables, se ha analizado el nivel trófico del cangrejo adulto en diferentes tipos de hábitats invadidos mostrando una clara preferencia por los bivalvos en los sitios donde ellos están disponibles (Prado *et al.*, 2022). Asimismo, *C. sapidus* puede causar impactos en las actividades humanas (Tabla 1).

A fin de plantear estrategias para encarar la gestión de *C. sapidus*, hay que considerar su doble naturaleza: especie invasora y recurso pesquero.

Coral Blando Invasor

En su exposición, Oscar M. Lasso-Alcalá, desarrolló el tema de la Invasión del Octocoral *Unomia stolonifera* en el Gran Caribe: Acciones del Proyecto UNOMIA, que encara junto Juan Pedro Ruiz-Allais.

El octocoral invasor del océano Pacífico, *Xenia* sp., fue registrado formalmente en 2014 como una especie invasora en ecosistemas marinos de la costa oriental de Venezuela (Sureste del Mar Caribe). En el año 2021, se incluyó a esta especie en un nuevo género y combinación como *Unomia stolonifera*. Desde su primera aparición en 2007 y hasta 2022, se observó a esta especie colonizando rápida y agresivamente, distintos tipos de sustratos duros y blandos, entre los cero y 50 m de profundidad, incluidos arrecifes de coral y praderas de pastos marinos. Se registró inicialmente en 12 localidades del Parque Nacional Mochima, ocupando entre el 50 y 100 % del fondo, desplazando o eliminando directamente a toda la biodiversidad bentónica nativa (Tabla 1). La invasión ha tenido un crecimiento exponencial, donde entre los años 2016-2017 se había asentado en 80 nuevas localidades, llegando en el año 2022 a aproximadamente 600 nuevas localidades de la costa oriental, central y occidental de Venezuela. Se destaca la proximidad de las regiones invadidas con las Antillas holandesas (Bonaire, Curacao y Aruba: 140 km), costas de Colombia (390 km), la isla de Trinidad (335 km) y Antillas Menores (370 km).

Para lograr atender esta invasión y gestionar el control de la gran dispersión de esta especie invasora, en 2021 se crea el Proyecto UNOMIA, como la primera iniciativa, para la investigación, educación y manejo de la invasión de *Unomia stolonifera* en el Gran Caribe. Además de las únicas investigaciones publicadas, en este proyecto se elabora una decena de nuevos artículos científicos, y se ejecuta una extensa campaña educativa. Además, se hace un llamado de emergencia a la comunidad científica e instituciones de conservación y gestión de la biodiversidad y ecosistemas marinos, de las 12 naciones y 35 mancomunidades de la región del Gran Caribe. Se deben sumar esfuerzos con el Proyecto UNOMIA, para lograr en forma sostenible el manejo del problema de la invasión de *U. stolonifera* en Venezuela, antes que continúe su invasión en toda la región del Atlántico Centro Occidental.

Carpa Común

Tomás Maiztegui desarrolla la Invasión y Distribución de *Cyprinus carpio* en Argentina con énfasis en su dispersión en la región Pampeana. Este es un pez invasor a nivel global, que posee una amplia distribución en Argentina. Se describió su expansión, diferenciando entre ambientes naturales y artificiales, desarrollando un índice de similitud ambiental (ISA) para conocer las regiones más favorables para el establecimiento de la especie. Asimismo, se estudiaron aspectos

biológicos de una población de *C. carpio* en un humedal pampeano para determinar la respuesta a los eventos de inundación-sequía a largo plazo como posible explicación de su expansión en el resto del país.

Se documentaron 119 ambientes naturales y 49 hábitats artificiales invadidos a lo largo de Argentina, mostrando un incremento exponencial desde 1920. Geográficamente, se registró un incremento en la región Pampeana sólo después de 1970 y una posterior expansión después de 1990 hacia el norte, el oeste y el sur del país asociado con períodos húmedos (Figura 3).

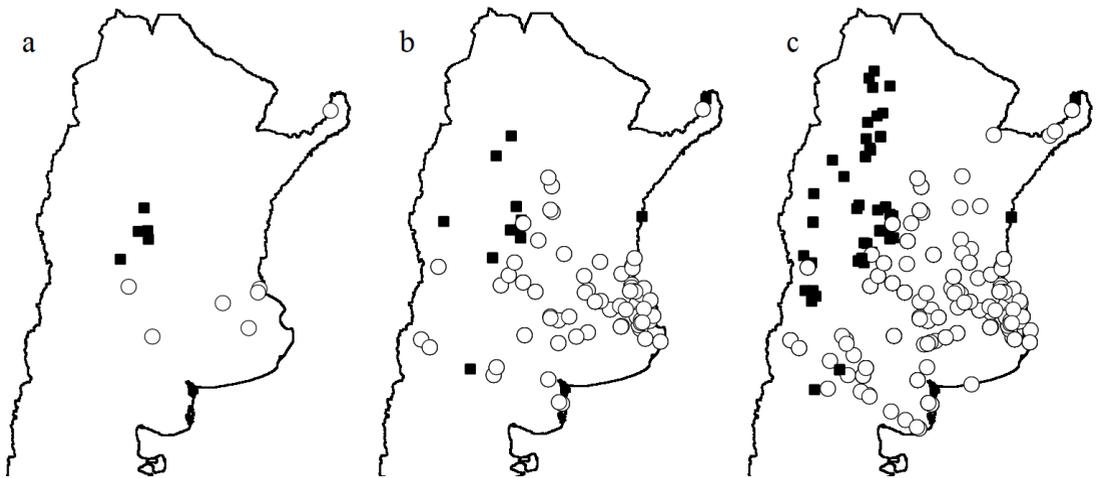


Figura 3. Número acumulado de sitios invadidos por *Cyprinus carpio*: (a) antes 1970, (b) hasta 1990 y (c) hasta 2014, ambientes artificiales (cuadrados negros) y naturales (círculos blancos).

El ISA determinó que más de la mitad del territorio ofrece condiciones favorables, siendo la región Pampeana la más propicia para la especie (Figura 4). En el humedal pampeano *C. carpio* mostró que la alimentación, la reproducción, la condición y el reclutamiento estuvieron asociados al régimen de precipitaciones de la región. Durante inundaciones extraordinarias se detectaron elevados reclutamientos evidenciados por cohortes fuertes, mientras que en años de sequía se documentaron cohortes débiles. La amplia tolerancia ambiental, alta longevidad y dieta omnívora, le permiten a la especie persistir durante dichos años secos. Luego, en años húmedos, se incrementa su reclutamiento coincidiendo con el momento de mayor conectividad ambiental lo que facilita su propagación.

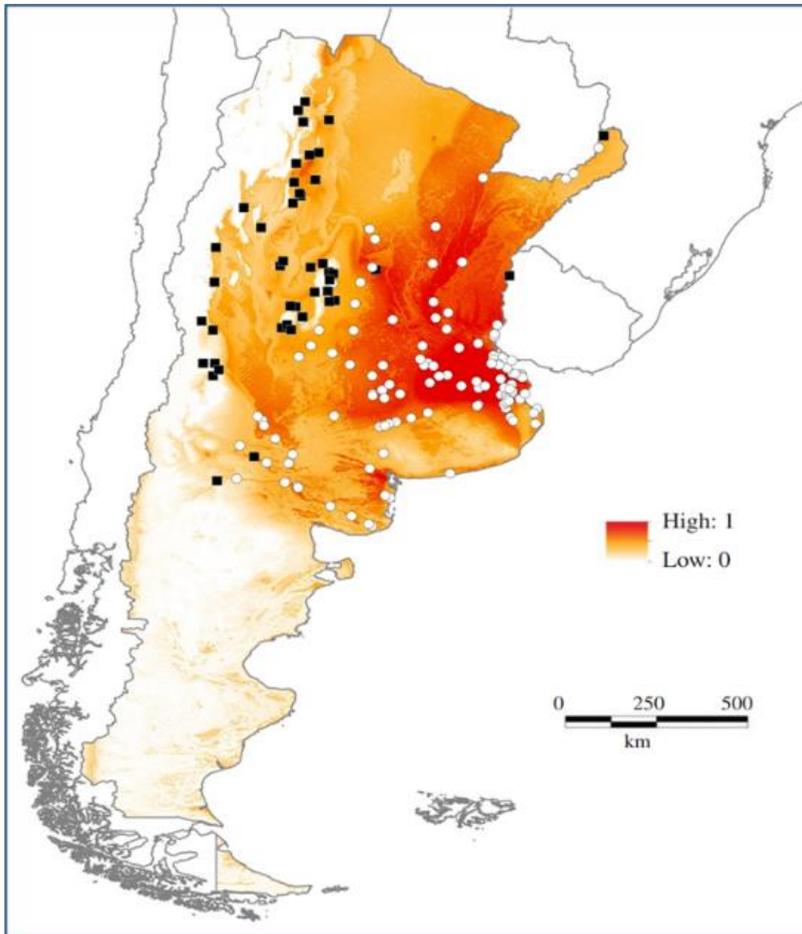


Figura 4. Índice de Similitud Ambiental (ISA) de *C. carpio* sobre la base de su presencia en ambientes artificiales (cuadrados negros) y naturales (círculos blancos).

En síntesis, la expansión de *C. carpio* en Argentina, estuvo relacionada con inundaciones a escala regional, demostrando la importancia de incorporar la dinámica hidrológica para diseñar estrategias de manejo para un organismo invasor mundialmente exitoso como es esta especie (Tabla 1).

Macroalgas invasoras

La exposición a cargo de Cristóbal Villaseñor-Parada, examinó la situación de las Macroalgas Invasoras en la Costa Chilena, sus tendencias, impactos y desafíos. El expositor revisó los patrones

de distribución y abundancia de macroalgas exóticas en la costa de Chile, tanto aquellas que han sido introducidas desde fuera del país, como aquellas que, siendo nativas en la costa chilena, han sido introducidas en regiones biogeográficas fuera de su rango natural de distribución (trasplante, según Darrigran *et al.* 2022).

Este listado fue realizado depurando catastros publicados con antelación, e incorporando nuevos reportes y ocurrencias en base a bibliografía y observaciones en terreno. La distribución de macroalgas exóticas no es homogénea a lo largo de la costa, sino que se concentra en sectores cercanos a puertos y centros de cultivos. Los vectores de introducción no son claros, pero evidencia indirecta sugiere que incrustaciones en cascos de barcos y transporte accidental mediante acuicultura, son las principales vías de acceso a las costas chilenas.

La mayoría de las especies exóticas muestran una distribución bastante acotada y sólo cuatro tienden a ser invasoras (*i.e.*, incrementan su rango de distribución a través del tiempo). Sin embargo, los resultados indican que la mayoría de las introducciones son recientes (últimos 60 años), y la amplitud del rango de distribución se relaciona positivamente con el tiempo de residencia de las especies en la costa chilena, por lo que se sugiere que algunas de estas especies podrían estar en etapa de expansión, lo que explicaría su localizada distribución.

Finalmente, el resumen de los principales impactos (positivos y negativos) y efectos de estas especies en la costa chilena pueden observarse en la Tabla 1. En la exposición se actualizó la información relacionada con macroalgas exóticas en la costa chilena, lo que permitió entender el proceso de invasión de estos organismos, a través del análisis de los patrones descritos en estos sistemas.

DISCUSIÓN

Sobre la base de lo expuesto en estos casos, en general, la gestión integrada para el manejo de especies invasoras depende de tres componentes básicos:

- 1) El primero consiste en definir claramente el criterio adoptado para el concepto de especie invasora y a partir de este, considerar la forma de medir el éxito del programa de gestión desarrollado.
- 2) El segundo reside en el marco de conocimientos previos con los que se propone o se estima basar el programa de gestión de las bioinvasiones.

3) El tercer componente está representado por la generación de conocimiento, el cual es necesario para interactuar, coordinar con los dos componentes anteriores.

En la Figura 5, se representan en color amarillo y naranja a estos tres componentes de un programa de gestión sobre las bioinvasiones y sus interacciones.

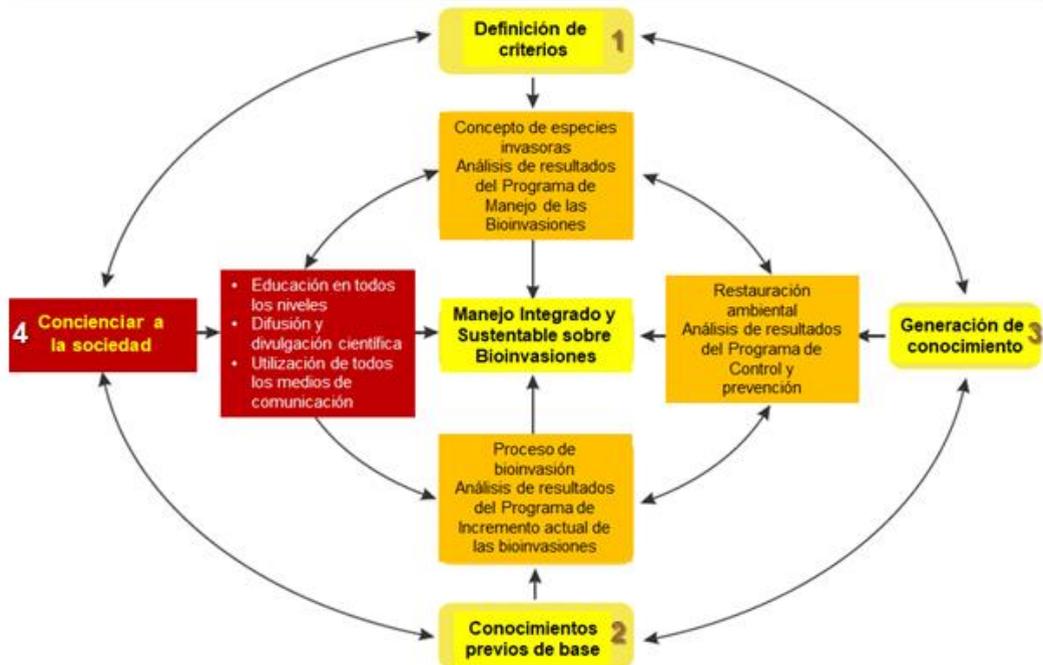


Figura 5. Sistematización de los componentes e interacciones propias de un programa de gestión en el manejo integrador y sustentable sobre bioinvasiones. En amarillo, componentes biológicos/gestión; en rojo, componente social. 1 a 4: componentes de un programa de gestión sobre las bioinvasiones y sus interacciones. (Modificado de Darrigran *et al.*, 2012)

Pero en este sistema de manejo de tres componentes de gestión de bioinvasiones, hay solo dos actores, con un objetivo en común (Tabla 2): (1) Los funcionarios de turno, que se encuentran en las instituciones oficiales de manejo del ambiente y que utilizan los componentes 1 y 2. (2) Los equipos de investigación que dominan y generan el conocimiento -componente 3- necesario para las interacciones entre los tres componentes.

Tabla 2. Factible interacción entre funcionarios y grupo de investigación, para realizar el manejo de especies invasoras sobre el terreno (basado en Lockwood, *et al.*, 2007).

Compromiso Gubernamental Políticas gestión sobre bioinvasiones		Equipo de investigación biológica
Funcionarios		Generar conocimiento sobre:
Adquirir e implementar conceptos	Descripción	El estudio descriptivo del evento, acompañados de estudios experimentales, dinámica poblacional, análisis estadísticos, etc.
	Predicción	El fundamento de la probabilidad de que ocurra un evento de invasión
	Riesgo	El producto de la probabilidad de que ocurra un evento y sus consecuencias

No obstante, según Darrigran *et al.* (2012), para mantener un programa de gestión a lo largo del tiempo (por ejemplo, sobre bioinvasiones), falta en cuarto componente fundamental que sostendría en el tiempo el programa, en forma independiente de los funcionarios del momento. Este cuarto componente se basa en una sociedad consciente del problema, que exigirá a sus respectivos gobiernos elegidos en forma democrática, la aplicación y continuidad en el manejo del tema. Eso es posible gracias a la incorporación del cuarto componente, cuyo objetivo es “Concienciar a la sociedad” (Figura 5), que mantiene al resto de los componentes activos y logra la retroalimentación con ellos. Esto se consigue fundamentalmente a través de la “Educación en todos los niveles”, base para que la sociedad tome conciencia por ejemplo del problema de las bioinvasiones. Asimismo, la “Difusión y divulgación científica” tienen un rol fundamental en este aspecto, permitiendo llegar y crear conciencia comunitaria en su conjunto.

Bortolus and Schwindt (2022) plantean con más detalle la perspectiva social para el tratamiento de las bioinvasiones, en donde dejan de lado lo que estos autores llaman “el paradigma que reduce el campo de las invasiones biológicas a sus componentes ecológicos”. Del análisis del trabajo de Bortolus y Schwindt (2022), sintetizado en la Tabla 3, surge que los funcionarios de turno deben incorporar la dimensión social/humana al encarar un programa sostenible de prevención/control sobre las bioinvasiones. Esta variable, generalmente no considerada, tiene un peso significativo y fundamental.

Tabla 3. Dimensiones social y bioinvasiones (basado de Bortolus y Schwindt, 2022). En la última columna se encuentran diferentes propuestas de asociaciones entre las ciencias naturales y sociales relacionadas con el conocimiento, manejo y políticas de las invasiones biológicas.

Dimensión Social		Armonías entre las ciencias naturales y sociales
Cualidad	Aptitudes	Actividades potenciales
Valores	Fortalecimiento de capacidades, confianza, visión y protagonismo como grupo social que impulsa cambios positivos sobre el problema que los aqueja.	Diseñar e implementar estrategias y políticas de prevención mediante la comprensión y conocimiento. Propiciar la fascinación humana por la flora y fauna nativas
	Comunicación social (e.g., arte urbano)	Colaborar en la percepción de especies no nativas y consecuencias para mejorar la comunicación entre diferentes sectores sociales
	Ética y moral	Cooperar para mejorar los protocolos éticos al gestionar especies no-nativas en diferentes contextos sociales (e.g., mascotas)
	Percepción pública Interacción entre la comunidad toda	Identificar a los actores clave y mejorar de la comunicación de los diferentes sectores sociales sobre temas ambientales para optimizar las acciones comunitarias y las actitudes positivas
Tradiciones	Historia y cultura del desarrollo	Reconocer y conocer los vínculos entre ambiente, ciencias sociales e impulsores económicos que favorecen a las bioinvasiones
	Identidad cultural	Mejor la comprensión de paisajes locales y sus cambios en relación con los registros de invasiones biológicas a través del tiempo
Calidad de vida	Percepción de la realidad, bienestar y bioseguridad	Involucrar a todos los sectores de la comunidad para mejorar las estrategias de comunicación y gestión para que funcionen en diferentes marcos de tiempo y espacio

CONCLUSIONES

Las bioinvasiones son un problema ambiental, donde las ciencias biológicas y sociales deben actuar en forma sinérgica para que la prevención de introducción de especies no-nativas o trasplantadas y el control (de estas especies convertidas en especies invasoras), puedan alcanzarse con soluciones sustentables y económicas.

En esta tarea, la educación de la sociedad es la herramienta para activar la conciencia social, la cual es clave para lograr una integración de los componentes biológicos, sociales y gestión.

Agradecimientos

En primer lugar, deseamos expresar nuestro agradecimiento al Dr. César Lodeiros, por el gran apoyo brindado para la realización de esta Sesión 6 del FIRMA2022. El presente trabajo fue financiado parcialmente por: PICT-2019-01417; UNLP 11/N927 (GD y CD) y el PIP 1966; UNLP 11/ H949 (GD); Proyecto ECESIS (Ecology and impact of the Atlantic blue crab in Spanish Mediterranean coastal lagoons, estuaries, and adjacent Waters, PID2020-118476RR-C21) (SF).

REFERENCIAS

- Aichi Biodiversity Target 9 (2013) Quick guides to the Aichi Biodiversity Targets [en línea] Version 2 - February. <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/targets/compilation-quick-guide-en.pdf>
- Auber, A., Waldock, C., Maire, A. *et al.* (2022). A functional vulnerability framework for biodiversity conservation. *Nature Communications* 13:4774 <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32331-y>
- Bortolus, A., Schwindt E. (2022). Biological invasions and human dimensions: We still need to work hard on our social perspectives. *Ecología Austral*, 32:767-783. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.2.1.1890>
- Castejón, D., Guerao, G. (2013). A new record of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), from the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *BioInvasions Records*, 2(2): 141-143.
- CCEDCV (2017). Balance de Actividades 2017. Pp 63. Disponible en: <https://agroambient.gva.es/es/web/biodiversidad/centro-de-conservacion-de-especies-dulceacuicolas-de-la-cv>
- CDB (1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Pp32. Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- CDB (2010) Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>
- Cesar, I; L. C. Armendáriz; N. Olalla and A. Tablado (2003) The Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Portunidae) in The Río de la Plata, Argentina *Crustaceana* 76 (3): 377-384
- Cowie, R. H., Bouchet P., Benoît F. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 97(2):640-663. <https://doi.org/10.1111/brv.12816>
- Darrigran, G., Archubi F., Mansur M. C. (2012). Manejo integrado de espécies invasoras. En: Mansur, M. C., *et al.* (organizadores) *Moluscos Límnicos Invasores no Brasil. Biologia, prevenção, controle.* Redes Editora. Porto Alegre. pp 383-388.

https://www.academia.edu/1807539/_Moluscos_limnicos_invasores_do_Brasil_biologia_preve_ncao_e_controle_

- Darrigran G., Agudo-Padrón I., Baez P., Belz C., Cardoso F., Carranza A., Collado G.; Correoso M., Cuezco M. G., Fabres A., Gutiérrez Gregoric D. E., Letelier S., Ludwig S., Mansur M. C., Pastorino G., Penchaszadeh P., Peralta C., Rebolledo A., Rumi A., Santos S., Thiengo S., Vidigal T., Damborenea C. (2020). Non-native mollusks throughout South America: emergent patterns in an understudied continent. *Biological Invasions*, 22(3):853-871. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02178-4>
- Darrigran, G., Agudo-Padrón I., Baez P., Belz C., Cardoso F., Collado G.A., Correoso M., Cuezco M. G., Damborenea C., Fabres A. A., Fernandez M. A., Gomes S. R., Gutiérrez Gregoric D. E., Letelier S., Lodeiros C., Ludwig S., Mansur M. C., Narciso S., Pastorino G., Penchaszadeh P. E., Peralta A. C., Rebolledo A., Rumi A., Salvador R. B., Santos S., Spotorno P., Carvalho Thiengo S., Vidigal T., Carranza A. (2022). Species movements within biogeographic regions: Exploring the distribution of transplanted mollusc species in South America. *Biological Invasions*. <http://doi.org/10.1007/s10530-022-02942-z>
- Darrigran, G., I. Agudo-Padrón, P. Baez, C. Belz, F. Cardoso, G.A. Collado, M. Correoso, M. G. Cuezco, C. Damborenea, A. A. Fabres, M. A. Fernandez, S. R. Gomes, D. E. Gutiérrez Gregoric, S. Letelier, C. Lodeiros, S. Ludwig, M. C. Mansur, S. Narciso, G. Pastorino, P. E. Penchaszadeh, A. C. Peralta, A. Rebolledo, A. Rumi, R. B. Salvador, S. Santos, P. Spotorno, S. Carvalho Thiengo, T. Vidigal, A. Carranza (2022 -online) Species movements within biogeographic regions: Exploring the distribution of transplanted mollusc species in South America. *Biological Invasions*- BINV-D-21-00428R4 DOI: 10.1007/s10530-022-02942-z
<https://link.springer.com/search?query=10.1007%2Fs10530-022-02942-z&search-within=Journal&facet-journal-id=10530>
- Drius, M., Pugnetti A., Bongiorni L. (2022). Disentangling trade-offs between the state of coastal ecosystems with human well-being and activities as a strategy addressing sustainable tourism. In: Misiune I., Depellegrin D., Vigl L.E. (eds.) *Human-Nature Interactions: Exploring Nature's Values Across Landscapes*. Springer imprint Gewerbestrasse. pp. 25–36.
<https://bia.unibz.it/esploro/outputs/bookChapter/Disentangling-trade-offs-between-the-state-of/991006432691001241#file-0>
- Elton, C.S. (1958) *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. T. Methuen and Co., 181 pp. London. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-7214-9>
- European Commission, (2021). *EU biodiversity strategy for 2030: bringing nature back into our lives*, Directorate-General for Environment, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>
- Falk-Petersen J., Bohn T., Sandlund O. T. (2006). On the numerous concepts in invasion Biology. *Biological Invasions*, 8:1409–1424. <https://doi.org/10.1007/s10530-005-0710-6>
- Genovesi, P. and Shine C. (2004) *European strategy on invasive alien species*. Nature and environment, 137: 7-67 Lockwood, J. L., Hoopes M. F., Marchetti M. P. (2007). *Invasion ecology*. Blackwell Publishing, 304 pp Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Mancinelli, G., Chainho, P., Cilenti, L., Falco, S., Kapiris, K., Katselis, G., Ribeiro, F. (2017). The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern European coastal waters: Distribution, impact and prospective invasion management strategies. *Marine pollution bulletin*, 119(1): 5-11.

- Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Pejchar, L, Mooney H. A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology & Evolution* 24:497–504. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.016>
- Prado, P., Peñas, A., Ibáñez, C., Cabanes, P., Jornet, L., Álvarez, N., Caiola, N. (2020). Prey size and species preferences in the invasive blue crab, *Callinectes sapidus*: Potential effects in marine and freshwater ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 245: 106997.
- Prado, P., Ibáñez, C., Chen, L., Caiola, N. (2022). Feeding habits and short-term mobility patterns of blue crab, *Callinectes sapidus*, across invaded habitats of the Ebro Delta subjected to contrasting salinity. *Estuaries and Coasts*, 45(3): 839-855.
- Ricciardi, A. (2006) Patterns of invasion in the Laurentian Great Lakes in relation to changes in vector activity. *Diversity and Distributions*, 12: 425– 433
- Shivanna, K. R. (2019). The ‘Sixth Mass Extinction Crisis’ and Its Impact on Flowering Plants. In: Ramawat, K. (eds) *Biodiversity and Chemotaxonomy. Sustainable Development and Biodiversity*, 24:15-42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30746-2_2
- Simberloff, D. (2005). Non-native species do threaten the natural environment. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 18:595–607.
- Simberloff, D., Souza L., Núñez M. A., Barrios-García M. N., Bunn W. (2012). The natives are restless, but not often and mostly when disturbed. *Ecology*, 93:598–607.
- Vilà, M., Hulme, P.E. (2017). Non-native Species, Ecosystem Services, and Human Well-Being. In: Vilà, M., Hulme P. (eds) *Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services. Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology*, 12:1-14. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45121-3_1
- Xu, X., Tong Y., Deng Y., Zhao L. (2023). Impacts of marine heatwaves on byssus production in highly invasive fouling mussels. *Marine Environmental Research*, 184:105871. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105871>



Firma
XI Online 2022



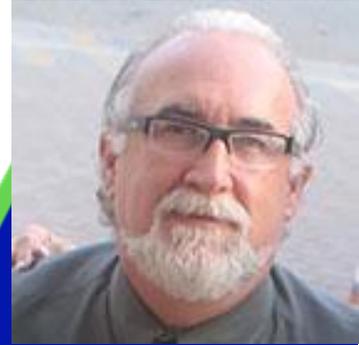
Sesión 06 | Restauración Ecológica

Ecological restoration

<https://www.youtube.com/watch?v=bFaXXEYAovI>

César Lodeiros

Dpto. Acuicultura, Pesca y Recursos Renovables,
Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí,
Ecuador



Patricia Prado

Instituto de Investigación y Tecnología
Agroalimentarias, España

Adrián Márquez

Centro Nacional de Acuicultura en investigaciones
Marinas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

María Araceli Avilés

Instituto Nacional de Pesca, México

Alma Paola Rodríguez

Universidad de Guadalajara, México

Boris Bohorquez Ruiz

Fundación CALISUR – Alianza Comunidades del Litoral Sur, Ecuador

RESUMEN

Por diversos motivos, que van desde invasiones parasitarias hasta acciones antropogénicas como la pesca, la contaminación y la construcción han generado desbalances ecológicos que conllevan a la disminución y puesta en peligro de recursos. En esta sesión el tema de la restauración con técnicas de acuicultura de dichos recursos acuáticos se desarrolló mostrando los esfuerzos de recuperación de los moluscos bivalvos la nacra *Pinna nobilis* en el Mediterráneo, el *Spondylus* en las costas ecuatoriales del pacífico americano, las aportaciones de la acuicultura en la repoblación de peces en el pacífico y diversificación ecológica, la restauración coralina en el Pacífico Oriental y la

forestación de mangle, particularmente en zonas de intervención por construcción de granjas camaroneras en Ecuador.

En el filo de la navaja: la nacra, *Pinna nobilis*, más amenazada que nunca



En el Mediterráneo existen dos especies de Pinnas, la nacra de roca *Pinna rudis* y la nacra *Pinna nobilis*, la cual es una especie de gran tamaño, siendo el bivalvo más grande del Mediterráneo y el segundo más grande del mundo después de las especies de *Tridacna*.

En el Mediterráneo las poblaciones de *Pinna nobilis* antes del 2016 se encontraban amenazada por la destrucción de sus hábitas por actividades de puertos, marinas, pesca de arrastre, eutrofización y variaciones de salinidad y daños directos a los individuos por impactos de motores y anclas de barcos, así como la recolección de sus individuos, pero a partir del 2016 se ha descubierto que la especie aqueja una enfermedad que comenzó por el sur de la península ibérica extendiéndose a todo el Mediterráneo, y que ha causado grandes mortalidades poniéndolas en tal punto que la especie se encuentra amenazada de extinción.

La causa de las mortalidades en el Mediterráneo ha sido debido a un parásito *Haploporidium pinnae*, de acción específica para *Pinna carnea*, ya que no afecta a *Pinna rudis*, ataca principalmente al tejido conectivo y digestivo, provocando inanición. No obstante, se han encontrado mortalidades

masivas de *Pinna nacra* dadas por un *Mycobacterium* sp. y hoy en día, hay mucho debate sobre el parasito que causa mortalidades en la Nacra; sin embargo, se tiene claro que ambos patógenos están cooperando para gestionar sus altas mortalidades.

En función de “salvar” o minimizar la perdida de individuos de la nacra, se están desarrollando varios proyectos con el objetivo de controlar la reproducción de la Nacra en laboratorio y conservar *in situ* las población que restan en el ambiente; de forma transversal se han desarrollando proyectos de patología, para entender la acción de la enfermedad y que interacción hay entre el *Haplosporidium* y la Mycobacteria y la condición fisiológica y genética de los organismos que sobreviven, para poder vislumbrar soluciones.

Aunque se han realizado diversos estudios y esfuerzos, aún no se ha llegado a gestionar una tecnología adecuada de acondicionamiento y producción de semillas; por otra parte, aunque se han captado en la naturaleza individuos con colectores artificiales, los individuos se encuentran infectados con el parasito. Todo ello, junto con otras amenazas como las mortalidades por eutrofización en lagunas donde existían muchos individuos y *fouling* invasivo en sus valvas, gestiona un panorama negativo, al cual se debe prestársele la atención más urgente posible, si queremos mantener la especie.

Implementación de programas de restauración coralina en el Pacífico Oriental Tropical: acciones y retos futuros

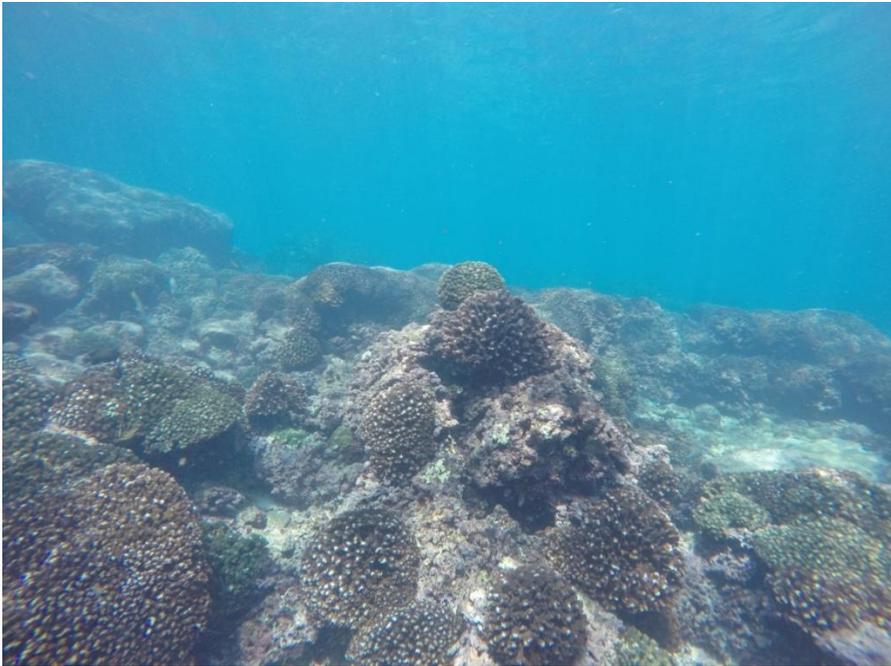
Los arrecifes coralinos ocupan el 3% de los océanos y albergan el 33% de la biodiversidad marina conocida. Su valor además de biológico es económico, con aproximadamente \$375,000 millones USD/año, producto de los servicios que nos proveen. En las últimas décadas hemos perdido más del 50% de los arrecifes, y el resto se consideran como altamente vulnerables. En respuesta, se han promovido diferentes iniciativas internacionales como lo son la Conferencia del Océano, el Año del Arrecife y, la Década de la Restauración, todas impulsadas por las Naciones Unidas con el fin de incrementar el sentido de urgencia hacia la conservación, manejo y restauración de los arrecifes coralinos. Esto no ha pasado desapercibido a nivel regional y local, encontrando la mayor cantidad de proyectos de restauración tanto en la región del Indo-Pacífico como el Caribe, y teniendo pocas iniciativas en el Pacífico Oriental Tropical, esto debido principalmente a que las comunidades coralinas se distribuyen en parches con pocas localidades con estructuras arrecifales; sin embargo, al encontrarse en una región considerada como sub-óptima para su desarrollo, han incrementado su capacidad de resistencia y resiliencia ante disturbios tanto naturales como antropogénicos. Uno de los mayores retos de cualquier programa de restauración es el periodo que tiene para ser implantado, así como el área que puede abarcar, por lo que la mayoría de las iniciativas trabajan durante uno a dos años y abarcar áreas pequeñas o sitios específicos.

De aquí la importancia de seguir al menos cuatro principios básicos para que un programa de restauración pueda llegar a la rehabilitación del ecosistema: 1) Considerará la información del pasado, es decir, respetará las características biológicas pasadas, 2) Incrementará la integridad ecológica y considerará los escenarios futuros de cada sitio, 3) Será sostenible ecológica y financieramente a largo plazo y, 4) Promoverá el involucramiento y participación social. Sumado a esto, se deben de establecer los indicadores adecuados que nos permitan evaluar desde la efectividad de la técnica de restauración (p.ej. tasa de crecimiento y supervivencia) a la rehabilitación del sistema (p. ej. Incremento del a cobertura de coral vivo, cambios en la abundancia de grupos clave, evidencia de reclutamiento coralino). El Parque Nacional Islas Marietas se localiza en la región Norte del Pacífico Oriental Tropical, y alberga una alta biodiversidad de organismos tanto terrestres como marinos, por lo que cuenta con diferentes declaratorias, como es Sitio RAMSAR, Patrimonio Mundial de Islas del Golfo de California, Reserva de la Biósfera – UNESCO, y Parque Nacional por parte de la CONANP. Con el fin de contribuir al incremento en la cobertura de coral vivo en el área y mantener el sistema arrecifal que alberga el ANP, se implementó un programa de rehabilitación coralina, donde de 2012 a la fecha, se han plantado más de 6,000 fragmentos de oportunidad de coral ramificado del género *Pocillopora* (considerado el más abundante y resistente en la región), con un éxito de supervivencia del 90%, tasa de crecimiento de 3-5 cm/año y evidencia de actividad reproductiva en cinco años después de ser plantado. Del 2012 a la fecha se ha incrementado la cobertura de coral vivo en un 50%, y, además, inclusive en los sitios que no se han restaurado, se ha observado una lenta pero constante recuperación natural, lo cual indica que el protocolo utilizado es el correcto, pero además el sitio es naturalmente resiliente, lo cual incrementa la relevancia hacia su conservación y manejo.

Además, se ha evidenciado un incremento en la abundancia de equinodermos así como en la biomasa de peces invertívoros y omnívoros, considerados, todos organismos clave asociada a la comunidad coralina. Con base a los resultados obtenidos se han logrado delimitar lecciones o acciones que se deben de promover para que un programa de restauración pueda llegar a la rehabilitación: 1) Debe de buscar el incremento de la cobertura de coral vivo, implementando acciones de restauración activas (p.ej. trasplante de fragmentos) y pasivas, como es le manejo y conservación, con el fin de promover la recuperación natural del sitio, 2) Debe de considerar indicadores de corto y de largo plazo, que permita evaluar la factibilidad de rehabilitación, y además incluir la evidencia de cambios en grupos abundantes dentro de la comunidad y la relación con condiciones regionales (p. ej. El Niño Oscilación del Sur) y, presiones locales (p.ej. pesca, turismo, urbanización). Asimismo, debemos de enfatizar que el mayor reto es hasta la fecha, el establecer programas de restauración a largo plazo, que incrementen la facilidad de restauración, y además promover la conectividad entre sitios. Con el fin de sobrellevar estos retos, se debe de promover la participación colaborativa entre instituciones académicas, gubernamentales, asociaciones civiles y

miembros de la sociedad civil y formar una red consolidada de trabajo que contribuyan a la rehabilitación de los ecosistemas naturales.





Restauración de *Spondylus* en las costas de Santa Elena, Ecuador

Para el conocimiento de esta sesión accione aquí (<https://www.youtube.com/watch?v=bFaXXEYAovI>) y vea el video a partir de 1h 14min.

Aportación de la acuicultura a la repoblación y diversificación ecológica de especies marinas

Para el conocimiento de esta sesión accione aquí (<https://www.youtube.com/watch?v=bFaXXEYAovI>) y vea el video a partir de 1h 39min.

Forestación con mangle rojo en el Golfo de Guayaquil

Para el conocimiento de esta sesión accione aquí (<https://www.youtube.com/watch?v=bFaXXEYAovI>) y vea el video a partir de 2h 04 min.

Sesión 07 | Tecnologías disruptivas en acuicultura

Disruptive technologies in aquaculture

<https://www.youtube.com/watch?v=KqQzbvWQSj4>

Marcos De Donato

The Center for Aquaculture Technologies,
México



Adriana Artilles

Gerente de Desarrollo de Negocio, The Center for Aquaculture
Technologies, USA

Iván Ramírez

Larvia, Ecuador

Manuel Vial Comber

Kran, Chile

Mara Thomas

Proteon Pharmaceuticals, Polonia

Raúl Ramírez

Gerente de Ventas para Latinoamérica, ADM-Aquaculture, Ecuador

RESUMEN

La sesión 7 del FIRMA XI se dedicó a dar una muestra de las tecnologías que se consideran disruptivas por el gran cambio que pueden llegar a generar en la acuicultura y estudio de los recursos acuáticos. En teoría de negocios, una innovación disruptiva se refiere a aquella invención que crea nuevos mercados y valores o que penetra un mercado existente y eventualmente desplaza las firmas líderes, los productos y las alianzas existentes hasta ese momento. Este concepto, considerado una de las ideas de negocio más influyentes de inicios del siglo XXI, fue desarrollada por el académico norteamericano Clayton Christensen y sus colaboradores en 1995. Posteriormente se ha desarrollado y usado como herramienta para discriminar la ciencia disruptiva y los avances tecnológicos de otras innovaciones desde los años 50 hasta nuestros días.

En acuicultura, las tecnologías disruptivas son aquellas que han cambiado la forma de producción de manera que ha hecho la forma anterior de producción ineficiente y poco rentable. Un ejemplo de ello son los alimentadores automáticos en el cultivo del camarón. Éstos han hecho la

alimentación más eficiente, reduciendo significativamente el factor de conversión alimenticia, reducir la eutroficación de los estanques por exceso de alimento y aumentar el crecimiento por la constante disponibilidad de alimento cuando los animales lo requieren.

Para ser considerada disruptiva, una tecnología debe ser accesible a la mayor parte de los productores, por lo que su costo y facilidad de implementación debe permitir que la mayoría de la industria lo pueda acceder. Si es muy compleja en implementarse o muy costosa, no podrá extenderse a la mayoría de los productores, y por ende, no llegará a ser disruptiva.

En esta sesión, tenemos a varias tecnologías que tienen el potencial de convertirse en disruptivas, por los beneficios que pueden traer a la acuicultura. En primer lugar, tenemos a la Adriana Artiles, quién nos habló de las **Tecnologías disruptivas en acuicultura y cómo la selección genómica y la edición de genes** representan estas tecnologías y cómo están cambiando la forma de mejorar la producción acuícola y cómo su compañía The Center for Aquaculture Technologies está implementando estas tecnologías actualmente.

Los programas genéticos exitosos van a ser siempre construidos sobre la base de una selección rigurosa del banco de reproductores de la siguiente generación, el mantenimiento de registros detallado y la recopilación precisa de datos fenotípicos. El uso de herramientas genómicas permite una mejor explotación de los fenotipos disponibles y favorece la precisión de la selección, lo que en última instancia acelera la tasa de ganancia genética por generación. Esto se logra actualmente en peces y camarones mediante programas de selección genómica – el método por excelencia para la integración de la información genómica con la estrategia de cría selectiva. Sin embargo, una nueva y revolucionaria tecnología que va a cambiar de manera fundamental el modo en el que pensamos acerca de la mejora genética se avista en el horizonte. Esta es la edición de genes – la próxima tecnología transformativa y disruptiva en programas de cría selectiva que permitirán mejorar diferentes características de importancia comercial para hacerla más eficiente y sustentable (Figura 1).

Adriana nos mostró cómo y por qué la Selección Genómica y la Edición de Genes son tecnologías innovadoras y disruptivas, que brindan opciones para avanzar rápidamente en estrategias y resultados de mejoramiento genético selectivo para la industria acuícola en el siglo XXI. Estas tecnologías pueden ser implementadas en la mayoría de las especies acuáticas que se usan para la producción, gracias a los avances de secuenciación, que permiten obtener en corto plazo y a bajo costo, toda la información genética necesaria para desarrollar las herramientas que se necesitan para la aplicación de la selección genómica y edición de genes.

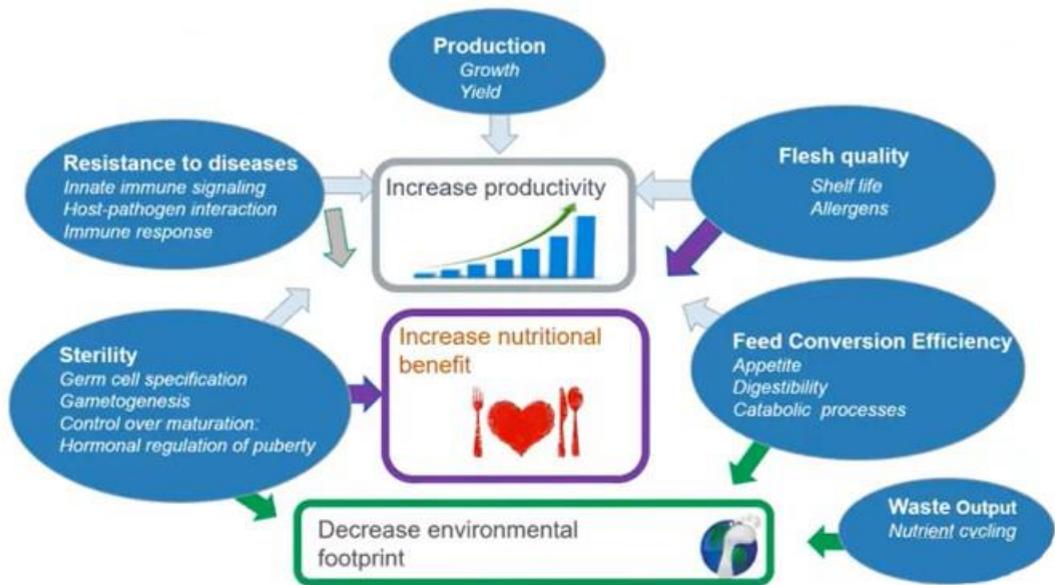


Figura 1. Características comerciales que se pueden mejorar con la selección genómica y la edición de genes.

En segundo lugar, tuvimos la presentación de Iván Ramírez quien nos habló del **uso de inteligencia artificial para maximizar resultados en cultivo de camarón**, haciendo una introducción de qué es la inteligencia artificial (IA), cómo se ha desarrollado con el tiempo y cómo su implementación a través de aplicaciones como Larvia, presta un servicio análisis por software que trabaja con visión artificial e inteligencia artificial para generar informes de cultivos con un 99% de precisión, tan solo 15 segundos después de tomar una foto con un smartphone normal. Esta aplicación, permite realizar un seguimiento del proceso de crecimiento, a través de todas las etapas (larvas, juveniles y adultos) y el estado general, como el peso estimado, el tamaño, la uniformidad, la pigmentación, el conteo exacto y la ubicación donde se tomó la fotografía (Figura 2). Por lo tanto, ayuda a tomar decisiones importantes como ajustar la alimentación con alta precisión o decidir el momento de la cosecha. Los usuarios pueden acceder a su servicio web de inteligencia empresarial desde cualquier lugar, donde pueden analizar informes históricos y en tiempo real. Hoy en día, esta herramienta tecnológica se está implementando de manera rutinaria en Ecuador para criaderos de camarones, laboratorios, granjas y minoristas de productos acuícolas, y se está diseminando su uso en todo el mundo.

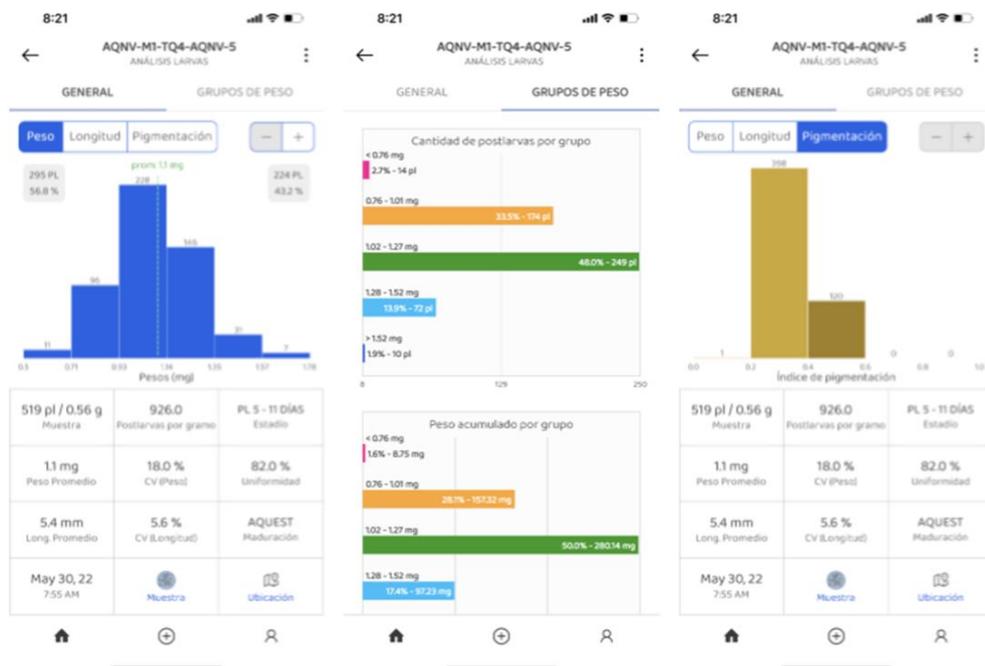


Figura 2. Tipo de reporte que genera la aplicación Larvia.

Seguidamente, tuvimos la presentación de Manuel Vial Comber, quién nos habló de la **aplicación de las nanoburbujas en la industria acuícola para la sanidad, vida útil y medioambiente**, que está realizando en su compañía Kran. En primer lugar, nos habló sobre las características fisicoquímicas de las nanoburbujas y sus comportamientos muy particulares que les dan propiedades especiales que se pueden aprovechar en la industria acuícola (Figura 3). Nos habló de cómo las nanoburbujas se han utilizado para remediar fondos de suelos usados para la acuicultura, permitiendo la reducción de la materia orgánica, restitución del pH, eliminación de nitrógeno y fósforo, entre otros. Esto ha tenido un impacto beneficioso en tanto en la calidad de agua, como en el crecimiento de peces y camarones. Esto permite una actividad más sustentable con el ambiente.

Por otra parte, las nanoburbujas también tienen aplicaciones en la industria acuícola para extender la vida útil de los productos marinos, tanto por el mantenimiento de las propiedades organolépticas como por la reducción de la carga microbiana. Además, comentó que el uso de agua tratada con nanoburbujas para producción de hielo, extiende su tiempo de congelación manteniendo baja temperatura de los productos acuícolas por mucho más tiempo.

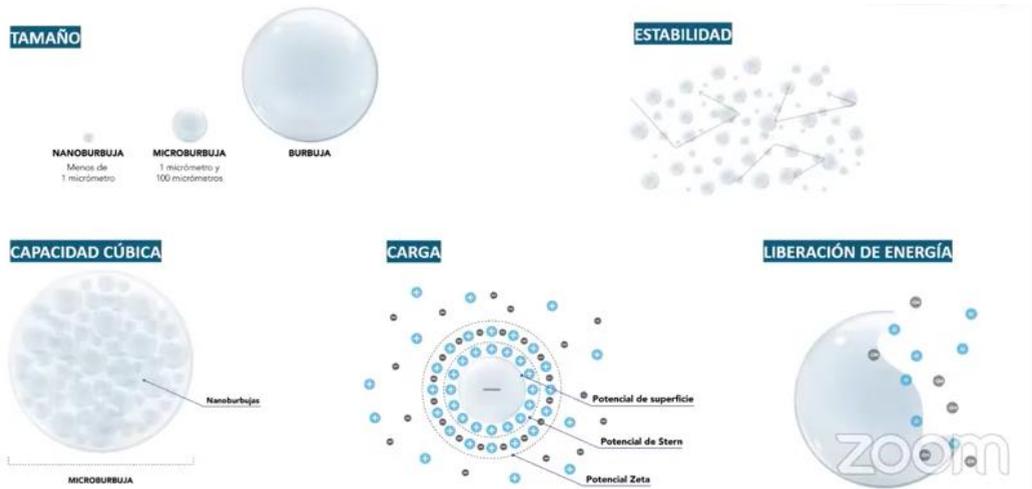


Figura 3. Características de las nanoburbujas.

Después, Marcos De Donato presentó una revisión sobre las **nuevas tecnologías para el diagnóstico de patógenos en acuicultura**, a través de los protocolos rápidos e instrumentación portátil de última generación. La presentación muestra una visión de diferentes técnicas rápidas para la extracción de los ácidos nucleicos que pueden ser utilizados de forma inmediata para la detección de patógenos. Estos ácidos nucleicos se pueden emplear por técnicas de detección y caracterización molecular por PCR, qPCR/RT-qPCR, LAMP-PCR o secuenciación (Figura 4).

En esta presentación pudimos conocer que las técnicas tradicionales de detección por PCR están siendo reemplazadas por técnicas que sean más sensibles y que requieran menos tiempo. La técnica de PCR punto final requiere la amplificación, corrida de electroforesis y detección de los productos amplificados. Sin embargo, la qPCR permite la amplificación en tiempo real, de modo que se puede ver cómo las muestras se van haciendo positivas sin necesidad de esperar que termine la amplificación y sin necesidad de electroforesis y detección. Sin embargo, hasta hace poco, los equipos de PCR en tiempo real habían sido muy costosos y difíciles de manejar. Hoy en día, existen equipos de bajo costo (unos USD 5,000-15,000) y portátiles que permiten su implementación en sitios con un mínimo de requerimientos. Además, algunos de estos equipos pueden dar la información directa de los resultados, sin necesidad de realizar ningún tipo de análisis y sin requerir conexión a computadoras, como es el caso de los equipos Pockit de GeneReach. También existen los equipos simples de LAMP-PCR que son de bajo costo y también, como el Pockit, una vez finalizada la prueba, los resultados son expresados de manera directa.

Por último, gracias a la reducción de costos de las técnicas de secuenciación, hoy en día, la

secuenciación masiva en paralelo (NGS) se puede implementar para el diagnóstico de nuevos patógenos o para su caracterización con fines epidemiológicos. Las técnicas de NGS permiten el máximo detalle para la detección, pudiendo ser utilizados para una detección a muy bajo nivel, además de trazar fuentes de contaminación, rutas de transmisión, clasificación en tipos diferentes y caracterización de factores de patogenicidad y resistencia a los antimicrobianos que permiten desarrollar estrategias para combatir las infecciones.

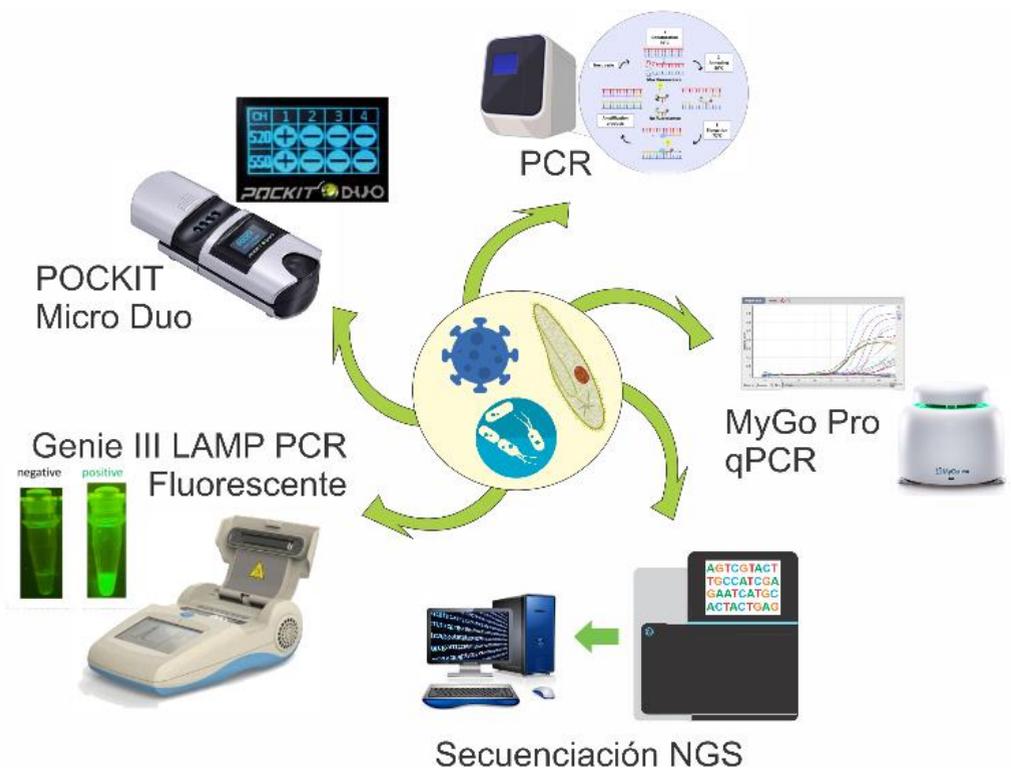


Figura 4. Diferentes tecnologías utilizadas para el diagnóstico rápido y preciso de patógenos que se están implementando en la acuicultura.

Seguidamente, Mara Thomas presentó los avances sobre **los bacteriófagos como herramienta innovadora para hacer frente a la resistencia bacteriana en la acuicultura**, desarrollados por su compañía Proteon Pharmaceuticals. Mara nos habló de los ensayos de un coctel de bacteriófagos (BAFADOR®) que ha sido usado en varias especies de peces como carpa, trucha, tilapia y anguila. Los grupos alimentados preventivamente con BAFADOR® muestran una mejor supervivencia después de una infección artificial (Figura 5). También presentó las experiencias en el cultivo de

peces con 13 producciones acuícolas en India y donde 11 productores demostraron éxito con cero, o casi no incidencia de mortalidad, después de haber utilizado BAFADOR®.

Estos bacteriófagos no son modificados genéticamente y sugieren que son seguros y no causan efectos secundarios tóxicos para los animales. También han demostrado buena estabilidad de nuestros productos en temperaturas entre 0°C a 30°C, tanto en agua dulce como en agua salada. Así, esta tecnología de bacteriófagos representa un avance de vanguardia que promete el desarrollo de nuevos formatos de productos para ampliar su efectividad y aplicabilidad en diferentes condiciones y especies. Por ejemplo, Proteon Pharmaceutical está desarrollando un producto para *Yersinia* spp. en peces y uno para *Vibrio* spp. en camarones. La industria necesita soluciones para ayudar a los acuicultores a disminuir las pérdidas económicas y garantizar la salud pública. Los bacteriófagos son sin duda la respuesta más innovadora y sostenible que el uso de los antibióticos, sirviendo como alternativa o complemento para combatir o prevenir infecciones.

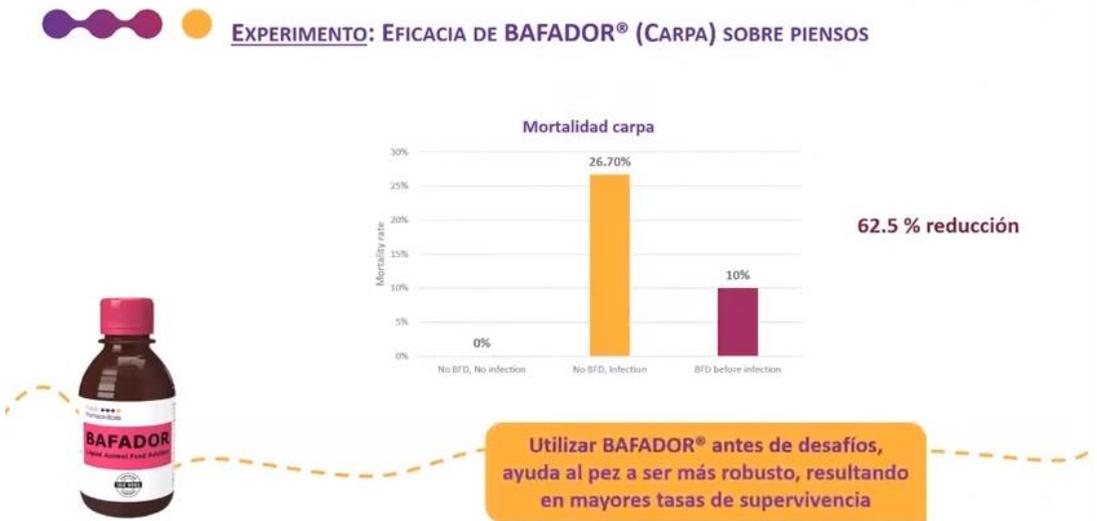


Figura 5. Ejemplo de implementación de Bafador® en un productor de carpa en India.

Por último, Raúl Ramírez nos presentó una charla sobre las **Técnicas moleculares como posibles herramientas para el desarrollo de dietas para organismos acuáticos**, donde nos hizo una introducción sobre las tecnologías de ADN como la secuenciación, bioinformática, análisis transcricómicos enfocados en una nueva área disruptiva para la nutrición animal que es la nutrigenómica. El término genómica nutricional o nutrigenómica procede de la biología vegetal, nace en referencia a la bioquímica o metabolismo vegetal. Más recientemente, este término se utiliza

en el contexto de la biología animal, sobre todo en relación con la integración entre la genómica funcional, la nutrición y la salud.

Los componentes de la dieta pueden alterar la expresión genómica directa o indirectamente. A nivel celular, los nutrientes pueden: 1) actuar como ligandos para la activación de factores de transcripción que favorezcan la síntesis de receptores; 2) ser metabolizados por rutas metabólicas primarias o secundarias, alterando de ese modo las concentraciones de sustratos o intermediarios; o 3) influir positiva o negativamente sobre las rutas de señalización. Los ácidos grasos, por ejemplo, son metabolizados mediante la ruta de la β -oxidación para producir energía celular. La alteración del balance energético intracelular puede alterar indirectamente la expresión genética a través de cambios en la homeostasis de NAD celular, por dar un ejemplo de información que se genera en la actualidad (ver Figura 6).

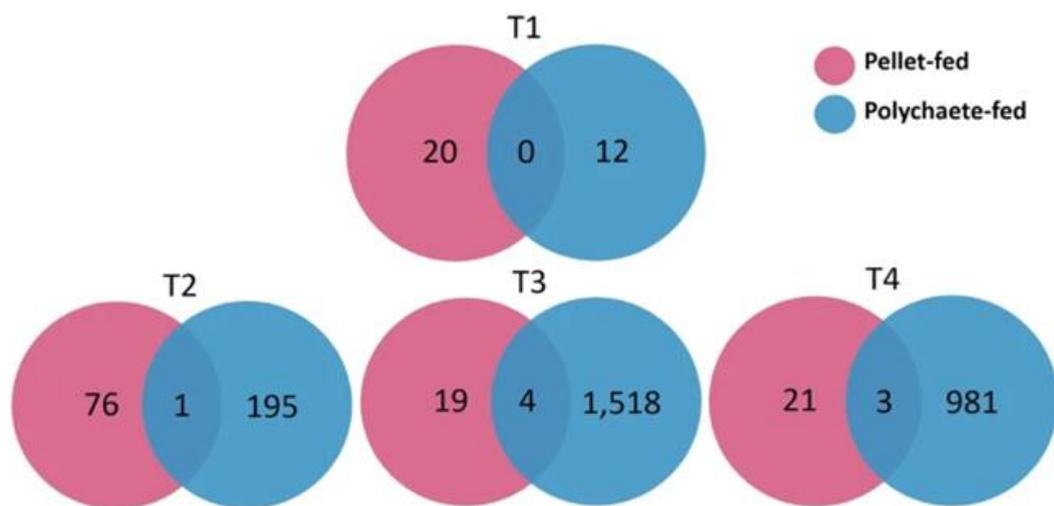


Figura 6. Ejemplo de análisis nutrigenómico del efecto de los poliquetos en la maduración de las hembras de camarón *P. vannamei*, alimentadas con pellets y con poliquetos. Aquí se muestra un diagrama de Venn de los genes diferencialmente expresados antes de la ablación del pedúnculo ocular (T1) y después de la ablación del pedúnculo ocular en los días 1, 4 y 9 (T2, T3 y T4, respectivamente). Tomado de Sittikankaew et al. 2020, DOI: 10.1038/s41598-020-60192-2.

En conjunto, las tecnologías de ADN han permitido conocer la constitución y organización del genoma de numerosas especies, su variación, la relación fenotipo-genotipo, la expresión genética y el metabolismo. También se ha logrado avanzar en técnicas de diagnóstico de enfermedades, y entre otros beneficios, la selección asistida por marcadores moleculares para programas de mejoramiento genético de organismos en condiciones de cultivo.

Estas presentaciones permitieron a los asistentes conocer de primera mano sobre las innovaciones disruptivas que están cambiando la industria acuícola y crearán un impacto positivo para mejorar la productividad y reducir el impacto en el ambiente para un desarrollo sostenible de la acuicultura.



Sesión 08 | Nutrición en acuicultura

Nutrition in aquaculture

<https://www.youtube.com/watch?v=h2392sYSEmQ>

María Teresa Viana

Universidad Autónoma de Baja California,
México



Martha Gabriela Gaxiola

UMDI Sisal de la Facultad de Ciencias de la UNAM, México

Bruno Araujo

Cawthron Institute, Nueva Zelanda



RESUMEN

En esta sesión se dejó ver que los subproductos de despojos animales constituyen una excelente fuente de nutrientes para la alimentación animal. En especial para la acuicultura, en donde juegan un papel importante en la sustitución de harinas de pescado. En los trabajos presentados se mostró que, en varios experimentos tanto en peces como camarones, es posible obtener el mismo rendimiento en los parámetros productivos que los obtenidos con harina y aceite de pescado.

En México se produce una gran cantidad de alimentos formulados, logrando ser el quinto productor mundial. Sin embargo, en algunas ocasiones los productores de peces carnívoros siguen pidiendo formulaciones que contengan harina de pescado. Exigencia que no está fundamentada desde el punto de vista nutricional.

El panorama mundial en el campo de la disponibilidad de insumos para la alimentación acuícola no es prometedor, lo que hace esencial la utilización de otros ingredientes aparte de la harina de pescado. En la actualidad es un hecho que la mayoría de los alimentos formulados para peces y camarones, incluyendo al salmón chileno, se elaboran con cantidades bajas de harina de pescado que en ocasiones no se incluyen en más de un 20%.

Aparte del desabastecimiento de los pelágicos menores, otra problemática es el cambio climático global, la pandemia por COVID, la guerra entre Rusia y Ucrania, entre otros, que han dado por resultado el encarecimiento de ciertos insumos, así como el incremento de precios. mPor tanto, los formuladores tienen grandes problemas para elaborar sus dietas sin incrementar significativamente los costos.

Las harinas de subproductos animales son una excelente alternativa. Si bien la harina de subproductos de ave ha probado poder sustituir a la harina de pescado, la de bovino resulta en una mejor digestibilidad y por ende en mayor crecimiento. Las harinas de pescado son conocidas por contener un excelente perfil de aminoácidos, ser palatables y contener promotores de crecimiento. Para esto, se habla del valor biológico de las proteínas en donde la periodicidad de los aminoácidos dentro de una cadena polipeptídica determina su nivel de digestibilidad. Lo anterior se debe a que las enzimas digestivas endógenas son altamente específicas determinando el lugar exacto de corte en las cadenas polipeptídicas. Así, tenemos que la tripsina corta entre los enlaces peptídicos en donde se encuentre la lisina o arginina, mientras que la quimiotripsina en donde haya aminoácidos aromáticos. Ya que la tripsina es la enzima digestiva que más se encuentra en los organismos, da lugar a que la abundancia y periodicidad entre estos dos aminoácidos (Lys y Arg) es lo que determina qué tan digestible sea una fuente proteica dada. De acuerdo con un trabajo reciente, se evidenció que la harina de bovino es altamente digestible, a pesar de contener una alta cantidad de cenizas. Esto podría explicarse por la elevada cantidad de colágeno en las harinas de carne y hueso. El colágeno es convertido a gelatina durante el proceso de cocción, producto que es conocido por ser altamente digestible.

La harina de pescado no solo contiene proteína de alta calidad, sino también posee grasas esenciales. Entre éstas podrían mencionarse los ácidos grasos omega 3 de cadena larga como el ácido docohexaenoico (DHA) y ácido eicosapentanoico (EPA), y de los omega 6 como el ácido araquidónico (ARA). Estos tres ácidos grasos esenciales de cadena larga se encuentran en altas cantidades en la grasa de pescado, por lo que es necesario introducir productos alternativos.

Desafortunadamente no hay equivalentes vegetales que los puedan sustituir. Sin embargo, hoy en día se encuentran aceites de microalgas que fácilmente pueden suplir dos de los ácidos grasos más importantes, como lo son el DHA y EPA.

Si bien los peces carnívoros son más delicados para poder sustituir completamente la proteína y grasa, estudios con el jurel de castilla (*Seriola dorsalis*) demuestran buenos desempeños utilizando harinas de productos de desecho junto con grasas de bovino o ave. No obstante, se concluye que es importante buscar alternativas que puedan suplir el ARA e incluso el colesterol y fosfolípidos.

Aunque de este último es comúnmente utilizado el proveniente de la soya.

En el caso de camarones, éstos al ser omnívoros, aceptan cantidades bajas de soya, algo que no se presenta en peces carnívoros. En carnívoros, y también en camarón, cuando las dietas contienen altas cantidades de soya, se ha observado la presencia de enteritis, que se caracteriza por un malfuncionamiento intestinal, pérdida de vellosidades, proceso inflamatorio, terminando en una absorción pobre de nutrientes que pueden terminar incluso en una alta tasa de mortalidad.

Si bien el camarón puede ser alimentado con una cantidad baja de pasta de soya (no más de un 10%) su incremento podría terminar en problemas de salud. No obstante, hay quienes afirman que el concentrado o aislado de soya podría ser utilizado, éstos deberán ser suministrados con cierta reserva, no sólo por su desempeño, pero incluso por los costos, ya que un aislado de soya podría incluso ser más costoso que la harina de pescado. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las harinas de subproductos animales dan resultados positivos en el crecimiento y desempeño en general.

En cuanto a la utilización de ácidos grasos de diferentes fuentes, hoy en día es posible formular con una combinación amplia de fuentes, haciendo más eficiente la utilización de la energía. Estos ácidos grasos pueden ser vitales para la obtención de peces saludables. Si bien existe una gran variedad de aceites vegetales, la mayoría de éstos contienen un alto contenido de ácido linoléico (18:2n6), conocido como promotor de procesos inflamatorios en el organismo cuando se suministra en altas cantidades. Es por lo que deben buscarse mejores combinaciones de ácidos grasos que puedan reducir la presencia de este ácido graso, así como se mencionó anteriormente, el poder contar con los ácidos grasos de cadena larga como DHA y EPA.

Las grasas animales pueden ser beneficiosas, aunque hoy en día no están del todo disponibles en el mercado. Sin embargo, es una excelente oportunidad para los productores poder extraer y comercializar estas grasas para consumo animal y en específico para el sector acuícola.

Esta sesión terminó con una mesa redonda en donde se intercambiaron ideas sobre cómo convencer a los productores sobre los beneficios de la utilización de estas harinas y grasas de subproductos animales para la producción acuícola.

Sesión 09 | Salud, bioseguridad y bienestar de organismos acuáticos

Health, biosecurity and welfare of aquatic organisms

<https://www.youtube.com/watch?v=vkhrEZgAOp0>

Paola Barato

Corporación Patología Veterinaria,
Bogotá, Colombia



Luis Fernando Aranguren

Universidad de Arizona, USA

Jorge Cáceres Martínez

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

Gina Armas de Conroy

Conroy Consulting SRL, Perú

María Isabel Bandín Matos

Universidad de Santiago de Compostela, España

Beatriz Magariños

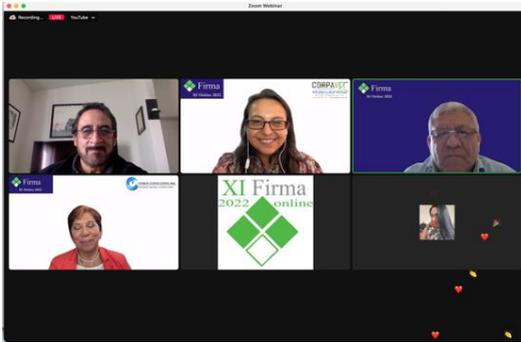
Universidad de Santiago de Compostela, España

RESUMEN

La sesión de Salud, Bioseguridad y Bienestar de Organismos Acuáticos se desarrolló el 24 de noviembre de 2022 en el marco del FIRMA XI ONLINE 2022, incluyendo aspectos para moluscos, camarones y peces. Iniciamos con Luis Fernando Aranguren de la Universidad de Arizona en USA, con una conferencia sobre la bioseguridad aplicada al cultivo de camarón en Latinoamérica. Posteriormente, la temática de enfermedades de moluscos y medidas de bioseguridad en América Latina fue tratada por Jorge Cáceres Martínez de CICESE en México.

Los aspectos sanitarios, de prevención, control, bioseguridad y bienestar animal en producción de tilapia y de peces de agua dulce fueron abordados por Gina Conroy de Conroy Consulting SRL de Perú y Paola Barato de la Corporación Patología Veterinaria de Colombia. Finalizamos la sesión con la presentación de Isabel Bandín y Beatriz Magariños de la Universidad de Santiago de Compostela de España, haciendo una revisión sobre vacunas virales y bacterianas en acuicultura.

Finalizamos la sesión con la participación activa participación de los asistentes con abundantes preguntas que nos permitieron con los conferencistas ahondar en detalles de enfermedades por países, presentar la disponibilidad de estrategias biotecnológicas para prevenir y controlar las enfermedades presentes en nuestra región y finalmente resaltar la importancia de la bioseguridad y bienestar animal para reducir el riesgo de la presentación de patologías en la industria acuícola de Latinoamérica.



Sesión 10 | Jornada de Larva-Plus-CYTED “Estrategias de desarrollo y mejora de la producción de larvas de peces en Iberoamérica”

Day of Larva-Plus-CYTED
“Development strategies and improvement
of the production of fish larvae in Latin America”

<https://www.youtube.com/watch?v=ALR4PrAsjq8>

Carlos A. Álvarez-González

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México



Máximo Coronado Gatica

Universidad de Chile, Chile

Mario Galaviz Espinoza

Universidad Autónoma de Baja California, México

Diana Castro Ruiz

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Perú

RESUMEN

Se estima que en 2050 la población mundial alcanzará los 9 mil millones de habitantes, en este contexto, la producción de alimentos se enfrenta al enorme reto que supondrá producir los alimentos y materias primas que va a requerir este crecimiento poblacional. Se espera que este incremento en la producción de alimentos tenga lugar en un escenario donde los recursos necesarios para su producción, como la tierra y el agua, sean todavía más escasos y, por lo tanto, los sectores agropecuarios y acuícolas deberán ser mucho más eficientes en el uso y gestión de sus respectivos recursos. Es bien sabido que las técnicas tradicionales de producción de alimentos han alcanzado un estado insostenible, por lo que es fundamental el desarrollo de mejores sistemas de producción agropecuarios, los cuales tengan como base la ciencia. Teniendo en cuenta que el agua cubre aproximadamente tres cuartas partes del planeta, la acuicultura representa una de las mejores alternativas para la producción de proteína de calidad asociada a una baja huella de carbono. Bajo este escenario, la acuicultura proporciona más de la mitad del pescado destinado al consumo humano

(el 80% se centra en países en desarrollo), siendo a día de hoy el sector con mayor crecimiento en la producción de alimentos de origen animal. De esta forma, se estima que para el 2030, el mundo requerirá la producción de 27 millones de toneladas adicionales de pescado para satisfacer su creciente demanda. Bajo esta perspectiva, es indispensable una planificación y crecimiento que permitan redundar y contribuir a alcanzar un mundo y una sociedad más justa y sostenible, libre de pobreza, hambre y malnutrición, y comprometido con la igualdad y la no discriminación, tal y como lo indica la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas describe entre sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por su parte, el crecimiento de la producción acuícola en los últimos sesenta años refleja la dimensión y trascendencia de esta actividad a escala mundial. De acuerdo con la FAO, en 2018 la producción acuícola mundial alcanzó un récord histórico con 114,5 millones de toneladas de biomasa producida y un valor total de venta de 263.600 millones de USD. Esta producción consistió en 82,1 millones de animales acuáticos (54,3 millones de toneladas de peces), 32,4 millones de toneladas de algas y 26.000 toneladas de moluscos bivalvos. Asia es la región con la mayor producción (92% del total de la producción), mientras que el resto de la producción acuícola se localiza entre América (3,2 %), Europa (2,7 %), África (2,0 %) y Oceanía (0,2 %). Un aspecto por resaltar es la gran variedad de condiciones climáticas y ambientales en muchos sitios donde se practica la acuicultura, lo que ha permitido diversificar las especies de interés acuícola en agua dulce, salobre y marina, ya sea en el continente o en el océano. Latinoamérica cuenta con los recursos naturales, humanos y financieros que permiten el desarrollo y crecimiento sostenible de la acuicultura. Sin embargo, la actividad acuícola en Latinoamérica se ha centrado en el cultivo de especies ya conocidas como los salmónidos, camarón y tilapia, donde la tecnología de producción e industria son altamente consolidadas y maduras. En este contexto, el potencial de crecimiento de la industria acuícola en Latinoamérica no puede sólo centrarse en el cultivo de las especies tradicionales, las cuales son consideradas exóticas, sino que requiere desarrollar el cultivo de nuevas especies que permitan lograr lo que se denomina “Diversidad acuícola” con la finalidad de proveer mejores medios de subsistencia, empleo y desarrollo económico local de las comunidades de muchos países, particularmente los que se encuentran en desarrollo. Así, este crecimiento ha de estructurarse en base al cultivo de especies autóctonas, especies apreciadas a nivel local y cuyo cultivo permita preservar la biodiversidad, las tradiciones, la cultura y el equilibrio social y natural de las zonas donde son valoradas y pueden ser potencialmente cultivadas. De tal forma que una industria acuícola más diversificada, más próxima al consumidor y más interconectada con el entorno natural, se podría denominar dekilómetro cero, debido a que es considerada como una industria más resiliente a los cambios que se pudieran dar, cambios relacionados tanto con el cambio climático, con la limitación de materias primas para la alimentación de los peces en cultivo, o cambios en el modelo socioeconómico bajo los que ésta desarrolla su actividad.

Para alcanzar tales objetivos es fundamental promover estudios entre las instituciones de

investigación, el gobierno, la sociedad y la industria en temas de I+D centrados en el cultivo y la domesticación de especies nativas, y con ello, promover el cultivo de especies de alto valor nutricional, localmente valoradas y con un enfoque tradicional. Estos aspectos son fundamentales, ya que la acuicultura potencia los medios de vida, el empleo y el desarrollo económico local de países, particularmente en aquellos en desarrollo y promueve modelos alternativos de acuicultura con base en sistemas de producción cooperativistas, de tipo familiar o de traspato. Para ello, se debe impulsar la promoción y desarrollo de cualquier tipo y/o modelo de acuicultura a partir del desarrollo de nuevas políticas sociales, lo que permita un entorno benéfico en apoyo de la infraestructura, los conocimientos técnicos y las inversiones privadas o gubernamentales.

Teniendo en cuenta estos escenarios, se crea la Red CYTED LARVAplus “Estrategias de desarrollo y mejora de la producción de larvas de peces en Iberoamérica” (117RT0521) a partir de la financiación del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, con el fin de promover en el avance en la generación de conocimiento y poner a disposición de los miembros de la cuádruple hélice toda la información para el desarrollo de la acuicultura, particularmente con especies nativas de Iberoamérica. Nuestra red está compuesta de más de 18 instituciones académicas y 11 empresas pertenecientes a nueve países del arco iberoamericano, por lo que permite integrar diversos aspectos científicos y técnicos enfocados en el cultivo de larvas, lo que, a su vez permite conocer el estado del arte sobre el cultivo de distintas especies, tanto a pequeña como gran escala, así como también aquellas que se encuentran todavía en fase de desarrollo o a nivel experimental y mejorar los procesos para su producción a una escala industrial a partir del intercambio de experiencias y conocimientos entre los grupos que la forman.

Como parte del aporte que la Red LarvaPlus ha realizado desde su creación hace cinco años (2017-2022), se realizó una sesión especial denominada “Jornada de Larva-Plus-CYTED” en el marco del evento XI Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura (XI FIRMA) del 21 al 25 de noviembre de 2022, donde se presentó una ponencia magistral denominada “La acuicultura y el cambio climático: desafíos y oportunidades para una industria más resiliente” por parte del Dr. Enric Gisbert, quien además es el coordinador de la Red y cinco ponencias específicas por parte de algunos de los miembros:

- 1) Reproducción y larvicultura de *Seriola lalandi* y *Serirolella violacea*, impartida por Marcia Oliva y Héctor Flores (Universidad Católica del Norte, Chile).
- 2) Uso de pre- y probióticos en el cultivo de larvas y juveniles de pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), impartida por Carlos Alfonso Álvarez-González (UJAT, México).
- 3) Avances en la nutrición de larvas de doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*) por parte de

Diana Castro (IIAP, Perú).

4) Avances en el cultivo larvario de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) impartida por Mario Galaviz (Universidad Autónoma de Baja California, México).

5) Análisis del desarrollo esquelético en peces, impartida por Máximo Coronado Gatica (Universidad de Chile, Chile).

Se debe resaltar que cada una de estas ponencias resaltaron el impacto que la ciencia básica tiene en el desarrollo de especies nativas de Latinoamérica marinas como la palometa (*Seriola lalandi*), el huayaípe (*Seriolella violacea*) en Chile y la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en México, así como especies nativas dulceacuícolas como la doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*) en Perú y el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en México. Asimismo, se resaltó la necesidad de mejorar los protocolos de alimentación y manejo larvario a fin de evitar problemas en el desarrollo óseo durante el desarrollo ontogénico inicial de los peces. En este contexto, las citadas presentaciones forman parte de un largo camino exitoso encaminado a resolver satisfactoriamente los grandes desafíos técnicos a los que se enfrenta la acuicultura, con el fin de optimizar su eficiencia y productividad, o incluso desarrollar nuevos modelos de negocio, tanto en sistemas a pequeña y gran escala. Estas investigaciones han conducido a mejorar los conocimientos sobre el mantenimiento de la buena salud de los animales en cultivo, la optimización de los alimentos y de sus materias primas, mejoras en la gestión de las unidades de producción y en los protocolos de cultivo, especialmente los relacionados con sus primeras etapas de desarrollo y su domesticación.

Agradecimientos

Los miembros de la Red CYTED LarvaPlus agradecen al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) por su apoyo en pro del desarrollo de la acuicultura.



Sesión 11 | Sostenibilidad en acuicultura

Sustainability in aquaculture

<https://www.youtube.com/watch?v=kPLrhIRE8jI>

Sergio Zimmermann

Aqua Solutions, Brasil



Luis Poersch

Universidad Federal de Rio Grande, Brasil

Wagner Cotroni Valenti

Universidad Estatal de São Paulo (UNESP), Brasil

Mauricio Emerenciano

CSIRO Livestock & Aquaculture, Australia

Arturo J. Mires-Reyes

Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos,
Universidad Científica del Sur, Perú

Paul M. Baltazar Guerrero

Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos,
Universidad Científica del Sur, Perú

RESUMEN | Durante la presentación de cuatro ponencias, se definió la sostenibilidad en la acuicultura y se presentaron distintas alternativas innovadoras para lograr una acuicultura sostenible. Se resaltó la importancia de darle valor agregado a subproductos como lodos residuales y a opciones de alimentación de organismos acuáticos como los bioflóculos y alimentos pre-digeridos.

ABSTRACT | During four presentations, sustainability in aquaculture was defined and innovative alternatives to achieve sustainable aquaculture were presented. The importance of adding value to by-products such as residual sludge and feeding options for aquatic organisms such as bioflocs and pre-digested feeds was highlighted.

Palabras claves |

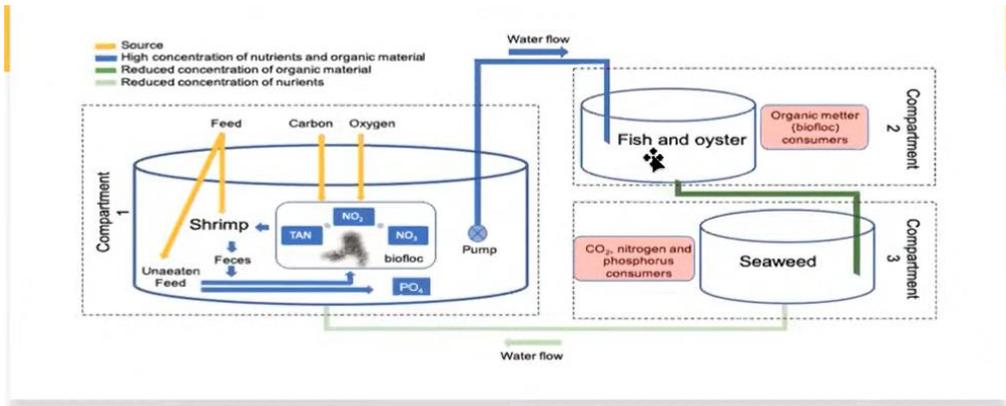
Sostenibilidad,
bioflóculos,
alimento pre-digerido,
valor agregado

Keywords |

Sustainability,
bioflocs,
pre-digested feeds,
value added

Cultivo integrado de camarones marinos, tilapias y algas

La serie de conferencias inició con la ponencia del Dr. Luis Poersch, mostrando una alternativa para los cultivos multitróficos: Los bioflóculos o bioflocs. A partir de ello, menciona que mantienen estanques de camarones (*Litopenaeus vannamei*), peces (*Oreochromis niloticus*), ostras y algas por separado, pero recirculando el agua desde el estanque de los camarones a través de una bomba de agua, pasando por el estanque de peces, luego por el de ostras y algas para finalmente llegar nuevamente al estanque de camarones (Figura 1).



FURG IMTA System



Tilapia

Seaweed

Shrimp

Oyster

Figura 1. Sistema de Acuicultura Multitrófica Integrada de la Universidad Federal de Río Grande, desarrollado a partir de distintos experimentos.

Para llegar a este sistema, trabajaron 4 experimentos. El primero consistía en ver la mejor especie de ostra para mantener en el agua de los bioflocs. Probaron con *Crassostrea gasar*, *C. gigas* y *Mesodesma mactroides*, encontrando que *C. gasar* presentaba la mejor supervivencia (60 – 80%) y crecimiento mensual (2 – 3 mm) que las otras dos especies. Posteriormente, se realizó el segundo experimento con esta especie, determinando la actividad de filtración mediante sensores magnéticos a 100, 200 y 300 mg/L de bioflocs, además de un control, durante 28 días. Encontraron que la filtración fue mayor en la concentración de 100 mg/L, mientras que en la concentración de 300 mg/L se encontró la mayor mortalidad pues se mantenían cerradas las valvas, esto detectado con los sensores. Además, fue en esta concentración en la que se encontraron daños en las lamelas braquiales.

El tercer experimento implicó el uso de la tilapia para controlar la concentración de biofloc. Este se dividió en dos partes: Evaluar la densidad óptima (35 y 65 tilapias.m⁻³) y evaluar el efecto de

densidades intensivas (100 y 200 tilapias.m⁻³) en las concentraciones de bioflocs. En la primera experiencia, encontraron que las tilapias en ambos tratamientos tuvieron un factor de conversión alimenticia de 0.7, valor que es un poco menos de la mitad que se obtiene en sistemas tradicionales, lo que beneficiaría al productor en reducir costos de alimento inerte. Por otro lado, en la segunda experiencia, se observó un aumento en la cantidad de SST (298.17 – 313.18 mg/L), por lo que se tuvo que emplear un clarificador por un tiempo mayor. Además, se obtuvieron FCR de 0.8 y 1.22 para ambas densidades, respectivamente. Con estas experiencias, se observó también que la tilapia afecta los procesos de nitrificación del agua, especialmente a altas densidades, y que usar bioflóculos puede ser una alternativa para reducir costos de alimentación.

En el cuarto experimento se emplearon 4 macroalgas del género *Ulva*: *U. linza*, *U. fasciata*, *U. prolifera* y *U. flexuosa*, de las cuales *U. fasciata* demostró un mejor desarrollo y una gran eficacia en la reducción de fosfatos (95 – 99%), pero una menor reducción de nitratos (24 – 26%). Finalmente, mencionó los impactos esperados del proyecto ASTRAL en pos de los productores acuícolas.

Conceptualización y medición de la sostenibilidad de la acuicultura

La siguiente conferencia fue realizada por el Dr. Wagner Cotroni Valenti, dando a conocer el origen del término “sostenibilidad” y su importancia para construir un mundo habitable, además de ser usada en reuniones de la ONU y, principalmente, en la Agenda 21, la cual fue usada para crear la Agenda 2030 que estableció los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Figura 2). La sostenibilidad se compone de tres pilares: Económico, social y ambiental, aunque menciona que estos realmente son innatos de la sociedad humana.

Se hizo mención de tres modelos conceptuales de la sostenibilidad: El modelo de los tres pilares (independientes uno del otro), el modelo de las esferas con intersecciones y el modelo jerárquico dependiente. Los tres modelos tienen en común la importancia de los aspectos sociales, económicos y ambientales para lograr llegar a la sostenibilidad.

Firma
XI Online 2022

Conceptualización y medición de la sostenibilidad de la acuicultura

Wagner Cotro...

Wagner C. Valenti

Universidade Estadual Paulista
CAUNESP

Wagner C. Valenti

Figura 2. Presentación de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) en el inicio de la ponencia.

Se explicó que la producción de bienes económicos implica transformar energía y materiales disponibles en la naturaleza en productos consumibles, pero este proceso también genera subproductos como la contaminación y la basura. Además, estos costos de los servicios de la naturaleza que reciben la contaminación y la basura no suelen estar incluidos en el costo de los productos, así que, al desechar estos subproductos, la naturaleza invertirá energía en su reciclaje. Sin embargo, en un mundo con gran cantidad de habitantes, la producción de contaminación excede la capacidad de transformación de la naturaleza. Para solucionar esto, se sugiere la economía circular, que es opuesta al modelo lineal tradicional, ya que esta idea incorpora el costo de los servicios naturales en el costo de los productos al consumir menos de la naturaleza y maximizar su uso, además de reciclar.

También se habló sobre la agenda 2030, sobre el concepto general de sostenibilidad y sobre la acuicultura sostenible. Este último se diferencia de acuicultura responsable, ya que la primera implica una producción rentable y en equilibrio con el medio ambiente y la sociedad, mientras que la segunda está enfocada en la obtención de certificaciones.

Finalmente, se mencionó que el crecimiento económico no debe ser el único objetivo, sino llegar a un alcance de desarrollo sostenible cambiando el sistema productivo para hacerlo más rentable y sostenible. Para medir la sostenibilidad en sistemas de producción, existen algunas herramientas como el análisis del ciclo de vida, la huella ecológica, la síntesis de energía y los conjuntos de indicadores e índices.

Aumentando la circularidad de los cultivos intensivos de camarones marinos en Asia: estado de caso dos lodos residuales

La presentación fue dada por el Dr. Mauricio Emerenciano, quien comenzó relatando que en Asia, existen zonas repletas de granjas que superan la capacidad de carga del ecosistema, lo que resulta en una gran proliferación de enfermedades y uso de medicamentos. Es por ello que se prefiere ir por una producción intensiva en lugar de extensiva, pero esto es un problema por la diversidad en los sistemas intensivos por falta de estandarización y complejidad, por lo que no son muy predecibles.

Se nos explica las bondades de los sistemas intensivos, pero también el problema de tener una mayor densidad: el aumento de materia orgánica (los lodos residuales), el cual debe ser removido, no solo de una granja, sino de otros miles que usan la misma agua para evitar que se gatillen enfermedades. Para caracterizar este lodo, se monitoreó una granja durante 4 ciclos (aproximadamente, 100 días), cuantificando los lodos producidos por ciclo (en la fracción oscura) y determinando el nitrógeno total y fósforo total. Se pudo observar que la fracción oscura de los lodos estuvieron compuestos aprox. por 300 mg/L de nitrógeno total y 400 mg/ de fósforo en promedio de 48 estanques. También se encontró que la producción de lodos fue alrededor de 70 m³ de lodo/estanque/ciclo, lo que representaba 22 kg de nitrógeno y 28 kg de fósforo/estanque/ciclo.

Con esto en mente, el ponente hizo ver este residuo como un recurso valioso a través de un ejemplo hipotético de una granja con 3 ha (60 estanques) con 3 cosechas al año. En este caso, se producirían 4 toneladas anuales de N y 5 de fósforo. Esto, en estimándolo en valor de urea y superfosfato triple, darían grandes ingresos económicos que en conjunto serían de \$30,000/año. Se menciona que, si se diera el tratamiento respectivo, podrían ser aprovechados así y hasta preparar fertilizantes que, dándole uso, podrían abarcar grandes extensiones de área en granjas semi-intensivas (Figura 3).

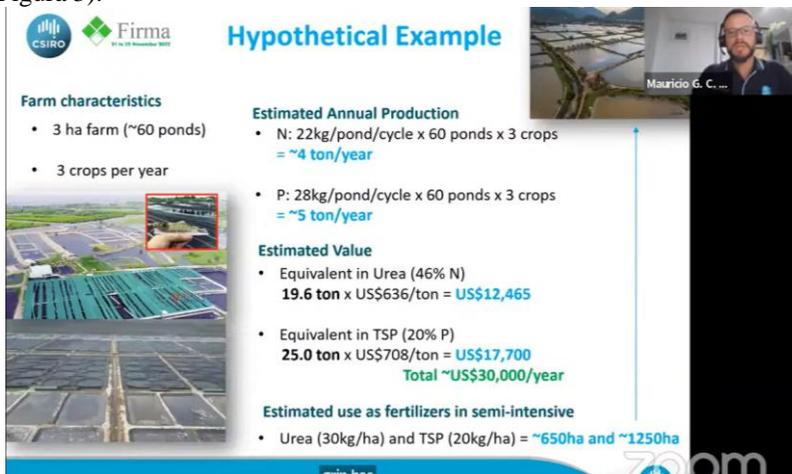


Figura 3. Ejemplo brindado por el Dr. Emerenciano para la valorización de los lodos residuales.

Finalmente, se mencionaron alternativas en base a economía circular: Convertir los residuos en biofertilizantes, transformación en harinas para elaboración de pellets para acuicultura (ejemplo: salmón del atlántico), usándolo en biorreactores para producir biogás, conversión parcial en bioflóculos para consumo animal y fermentación para producción de alimento complementario para peces. También se mencionaron las perspectivas por las oportunidades diversas que hay en este tema y la presión que hay para lograr la sostenibilidad y que esta viene desde los consumidores, para llegar hasta las granjas.

Alimentos fermentados/predigeridos en bioeconomía circular

La última ponencia estuvo a cargo del Dr. Sergio Zimmermann, quien resaltó a los alimentos pre-digeridos como el futuro de una bioeconomía circular. Se menciona cómo la pandemia y la guerra en Ucrania afectan los costos y la economía global, especialmente en los alimentos. Para la tilapiacultura, una de las alternativas a futuro es el uso de alimentos fermentados y el cambio estructural de la industria usando alimentos pre-digeridos.

Los alimentos pre-digeridos ayudan mucho a la digestibilidad de los alimentos, personalizando los nutrientes mediante biología sintética y se le da un valor agregado a los residuos locales con distintos beneficios en calidad, precio y bienestar animal. Se menciona que en acuicultura se emplea el Bokashi como forma de fermentación, ya sea aeróbica o anaeróbica.

Se relata sobre las características de las fermentaciones y que es preferente la fermentación en estado sólido por el hecho de que su agitación, nivel de control y potencial de contaminación es más bajo a comparación del estado sumerso y semi-líquido, además de que la extracción es más fácil que en los otros dos. También menciona el estudio de los principales sustratos y resaltaron el salvado de arroz, mencionando que al fermentarse se transforma en un súper alimento, sobretodo por los ácidos grasos que proporciona, sin embargo, tiende deteriorarse con el tiempo reduciendo su concentración de lípidos por su alta actividad lipásica. Es por ello que requiere una inactivación enzimática. También se muestra que se realizó fermentación en estado sólido del salvado de arroz, evidenciando un aumento de hasta 240% de proteína y baja reducción de otros parámetros nutritivos (Figura 4). Se pretende estudiar las posibles rutas metabólicas de los pre-digeridos, mediante el desarrollo de un producto (FermentAqua), el cual fue hecho mediante el estudio de los principales microorganismos fermentadores.

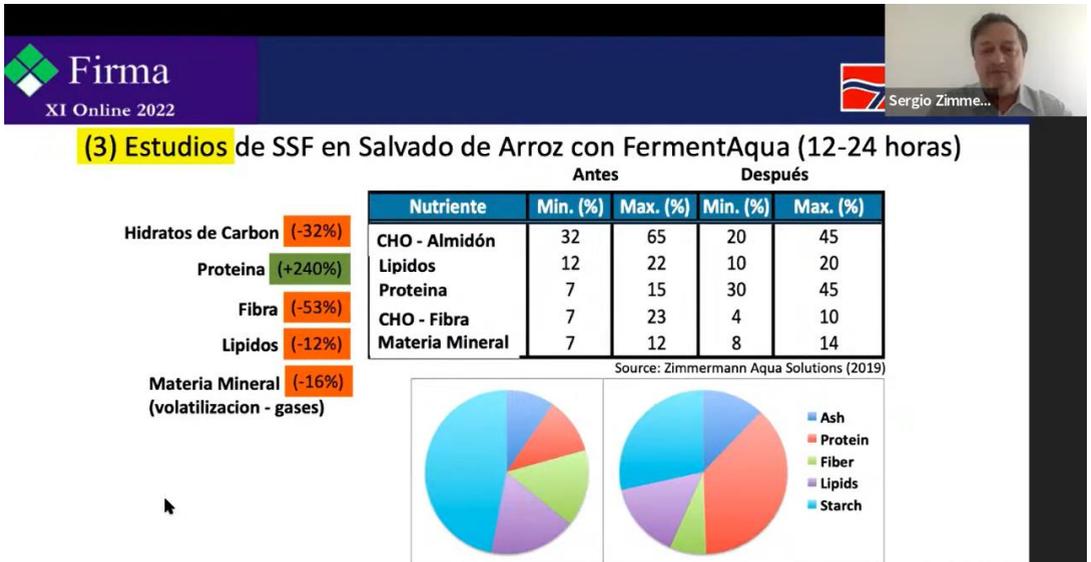


Figura 4. Características del fermentado de salvado de arroz mediante fermentación en estado sólido.

Se detalló sobre los microbiomas y su importancia sobre el bienestar animal. Además, que tanto el agua y en el sedimento se pueden encontrar distintos grupos o especies de microorganismos que pueden aportar en el cultivo y que los pre-digeridos pueden mejorar la variabilidad de la microbiota y, por ende, la supervivencia de los organismos contra adversidades. Se menciona que la forma de estabilizar y mantener los microbiomas optimizados es realizando sistemas cerrados y transformando lodos en alimentos fermentados.

Finalmente, luego de mencionar todos los beneficios de los alimentos pre-digeridos y su óptima forma de circularidad, menciona que hay una competencia con la fermentación de precisión, que implica el no usar animales, pastos y tierra; y esta tiene dos enfoques: carnes vegetales y “cultivo basado en células”, los cuales ya están en el mercado. Se menciona que serían productos con mejor sabor y más nutritivos y que su precio bajará considerablemente en unos 10 – 15 años, pero que la respuesta a ello sería una acuicultura intensiva basada en el uso de bioflocs y alimentos pre-digeridos.

CONCLUSIONES

En la sesión de **Sostenibilidad en acuicultura**, las distintas exposiciones mostraron distintas alternativas para que la producción acuícola llegue a ser sostenible, mediante el uso de bioflóculos, valorización de los residuos (lodos) y el uso de alimentos pre-digeridos. También se dio a conocer sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las herramientas que necesitan usar los productores para medir qué tan sostenible puede llegar a ser su granja. Se hace resaltar la urgencia que deben tener los productores acuícolas en un mundo de recursos cada vez más limitados y con inestabilidad

económica para que puedan buscar alternativas productivas que sean sostenibles y rentables para lidiar con estas problemáticas y llevar alimento a una población en aumento.

RECOMENDACIONES

Los ponentes ven que es necesario reinventar la acuicultura, pasar a una que busque soluciones innovadoras y que cumplan con los objetivos de desarrollo sostenible. Asimismo, sugieren aceptar más alternativas como los pre-digeridos y los bioflocs, así como darle más investigación a temas como las rutas metabólicas o los microbiomas de la especie a cultivar. Durante la ronda de preguntas, los expositores también mencionaron la necesidad de que la industria biotecnológica se integren a la acuicultura, tanto para el desarrollo de transformación de los subproductos como la formación de alimentos mediante la fermentación. Esta relatoría fue realizada con la colaboración de



Sesión 12 | Gobernanza en acuicultura

Governance in aquaculture

<https://www.youtube.com/watch?v=2iq5DBLkoUY>



Carlos Wurmman

Centro Internacional de Estudios
Estratégicos para la Acuicultura, Chile

Hans Gómez

Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, Perú

Trond Bjordal,

SNF Centre for Applied Research, Noruega

Felipe Matías,

RAQUA / Consultores Asociados LTDA, Brasil

Humberto Villarreal

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México

RESUMEN

La Sesión 12 del FIRMA XI ha sido dedicada a analizar un tema muy poco tratado en conferencias sobre acuicultura, cual es el de la Gobernanza.

Para estos efectos, el Coordinador de esta sesión, Ing., M.Sc. Carlos Wurmman define la gobernanza acuícola como el conjunto de normas, leyes, instituciones, planes y estrategias y de relaciones entre los actores sectoriales que enmarcan y determinan el ‘ambiente’ en que se desenvuelve la actividad, con sus riesgos, atractivos, desventajas y promesas, en búsqueda de un quehacer sostenible en lo ambiental, económico y social a lo largo del tiempo.

A continuación de una breve introducción del Coordinador, los conferencistas invitados, doctores Trond Bjordal de Noruega, Humberto Villarreal de México y Felipe Matías de Brasil, y el Cientista Político Hans Gomez de Perú, expusieron las realidades, complejidades y la importancia del tema en cada uno de sus países y en términos genéricos, dejando en evidencia la relevancia del mismo y su trascendencia para lograr desarrollos sectoriales sostenibles. Estando la ponencia original del Dr. Bjordal escrita en inglés, ella fue introducida por el autor en dicho idioma, siendo luego presentada ‘in extenso’ en español por el Dr. José Alió.

Las charlas señalan que las estrategias utilizadas en los diferentes países pueden diferir en

mucho, de acuerdo con sus realidades específicas, pero que la gobernanza es un aspecto que, habiendo sido descuidado en el pasado, ha adquirido una enorme trascendencia, al punto que junto a cuestiones de tecnología, mercados y sostenibilidad es uno de los cuatro ejes principales en torno a los cuales se ‘jugará’ el destino de la acuicultura en el horizonte previsible. Así, se llama la atención a la necesidad de desarrollar los esfuerzos, las políticas y estrategias necesarias en cada país y/o región para generar las condiciones apropiadas para impulsar acuiculturas sostenibles, en base a objetivos de largo plazo y acuerdos público-privados y con la sociedad civil, que permitan un adecuado y eficiente uso de los recursos humanos, materiales y financieros disponibles.





TRABAJOS EN EXTENSO

BIODIVERSIDAD
PESCA
CULTIVO DE PECES
CULTIVO DE CRUSTÁCEOS
CULTIVO DE MOLUSCOS
CULTIVO DE OTROS
ORGANISMOS
BIOTECNOLOGÍA
MERCADEO



BIODIVERSIDAD

Evaluación del estado de bienestar de dos especies de manglar en cautividad *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua* | Evaluation of welfare status of two mangrove species in captivity *Selenotoca multifasciata* and *Terapon jarbua* | Amalia Pérez-Jiménez, Eva Rufino-Palomares, Saskia Fernández, Javier Medina Fernández, Javier Pérez-López, María del Carmen Hidalgo, Cristina E. Trenzado

Regresión de praderas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch. en el sector sur del Golfo de Valencia | Regression of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch. in the southern sector of the Gulf of Valencia | M. Maimi-Checa, C. Torán, E. Rodríguez-López, B. Feliu-Tena, S. Falcó, M. Rodilla

Arrecifes mediterráneos de algas calcáreas esciáfilas: efecto del cambio climático | Mediterranean reefs of sciaphilic calcareous algae: effect of climate change | Elena Rodríguez-López, Maritxel Maimi-Checa, Carles Toran, Blanca Feliu, Miguel Rodilla

Biodiversidad acuática de un humedal costero: El Marjal Pego Oliva (Mediterráneo Occidental) | Aquatic biodiversity of a coastal wetland: El Marjal Pego Oliva (Western Mediterranean) / Keyla Eugenio, Silvia Falco, Miguel Rodilla, Ana Cecilia Dufilho

Genética poblacional del baunco *Girella laevis*, una especie de bajo nivel trófico candidata para la piscicultura marina sostenible en Latinoamérica, basada en el análisis de polimorfismos del ADN mitocondrial | Population genetics of *Girella laevis*, a candidate low trophic level fish species for aquaculture in Latin America, based on mitochondrial DNA polymorphism analysis | Borja Moya, José Miguel Cerda, F. Patricio Ojeda, César A. Cruz-Castellón, David Cordero, Carlos Saavedra

Índices de Riesgo Ecológico por metales pesados en los sedimentos superficiales del Orinoco Medio Estado Bolívar, Venezuela | Ecological Risk Indices for heavy metals in the surface sediments of the Middle Orinoco Bolivar State, Venezuela / Andreina Lemus, Arístide Márquez

Suavización no lineal resistente para el análisis del ciclo reproductivo del gasterópodo *Opeatostoma pseudodon*, Puerto Ángel, Oaxaca, México | Nonlinear resistant smoothing to analyze the reproductive cycle of the gastropod *Opeatostoma pseudodon*, Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico / Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte, Verónica Mitsui Saito-Quezada

Evaluación de la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el humedal el Hato | Evaluation of the temporal and spatial variation of the physicochemical and biological parameters in the Hato wetland / Anais Diaz, Arístide Marquez, Helena Hernández

Evaluación del estado de bienestar de dos especies de manglar en cautividad *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*

Evaluation of welfare status of two mangrove species in captivity *Selenotoca multifasciata* and *Terapon jarbua*

Amalia Pérez-Jiménez^{1*}, Eva Rufino-Palomares²,
Saskia Fernández¹, Javier Medina Fernández³,
Javier Pérez-López³, María del Carmen Hidalgo¹,
Cristina E. Trenzado⁴

¹Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.
Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

²Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I, Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada. Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

³BioDomo. Consorcio Parque de las Ciencias de Granada,
Av. de la Ciencia, s/n, 18006 Granada, España.

⁴Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada. Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

Amalia Pérez-Jiménez   calaya@ugr.es

RESUMEN | El bienestar puede definirse como el estado del animal que se encuentra en armonía con el medio, que tiene salud física y mental, y cubiertas sus necesidades específicas. Para evaluarlo es necesario emplear indicadores fáciles de medir y muestras que se obtengan de forma no invasiva. El estudio del estado oxidativo e inmune determinado en el mucus de los peces se presenta como una posible herramienta para la evaluación de dicho estado. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el estado oxidativo y el sistema inmune de dos especies de peces, *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*, del hábitat de manglar recreado por el BioDomo del Parque de las Ciencias de Granada, mediante la determinación de enzimas clave como son la DT-diaforasa (DTD), glutatión S-transferasa (GST), mieloperoxidasa y el nivel de proteínas solubles, además del estudio microscópico de extensiones de mucus para caracterizar los tipos celulares presentes. Los resultados mostraron que la actividad mieloperoxidasa y GST fueron más altas en *Terapon jarbua* lo que podría ser indicativo de la mayor capacidad de esta especie para hacer frente al estrés. No se observaron diferencias entre especies en la actividad DTD. Tampoco hubo diferencias en los niveles de proteínas solubles, aunque ambas especies presentaron concentraciones bajas,

Palabras clave | bienestar animal, estado oxidativo, inmunología, manglar, mucus.

hecho que estaría relacionado con un buen estado de bienestar, ya que estas proteínas aumentan con el estrés. Por su parte, el estudio histológico del mucus puso de manifiesto la presencia de abundantes células epiteliales en ambas especies con cierto predominio en *Selenotoca multifasciata* acompañado de células globosas secretoras de mucus lo que podría denotar una mayor sensibilidad de esta especie a cambios del entorno. Los resultados obtenidos en los parámetros analizados son capaces de reflejar el estado de bienestar de los animales, y por tanto son susceptibles de ser empleados como bioindicadores del mismo.

ABSTRACT |

Welfare can be defined as animal status that is in harmony with the environment, physical and mental health, and with specific needs covered. To evaluate welfare status, it is necessary to use indicators that are easy to measure and samples that are obtained non-invasively. The study of the oxidative and immune status determined in the mucus of fish is presented as a possible tool for the evaluation this status. The objective of this work was to characterize the oxidative status and immune system of two fish species, *Selenotoca multifasciata* and *Terapon jarbua*, from the mangrove habitat recreated by the BioDomo of Parque de las Ciencias, Granada, by determining key enzymes such as DT-diaphorase (DTD), glutathione S-transferase (GST), myeloperoxidase and the level of soluble proteins, in addition to the microscopic study of mucus extensions to characterize the cell types present. The results showed that myeloperoxidase and GST activity were higher in *Terapon jarbua*, which could be indicative of the greater capacity of this species to cope with stress. No interspecies differences in DTD activity were observed. There were also no differences in soluble protein levels, although both species presented low concentrations, a fact that would be related to a good welfare status, since these proteins increase with stress. The histological study of mucus revealed the presence of abundant epithelial cells in both species with a certain predominance in *Selenotoca multifasciata* accompanied by mucus-secreting globose cells, which could denote a greater sensitivity of this species to changes in the environment. The results obtained in the parameters analyzed are capable of reflecting the welfare status of the animals, and therefore are likely to be used as bioindicators.

Keywords |

animal welfare,
immunology,
mangrove swamp,
mucus,
oxidative status

INTRODUCCIÓN

El bienestar animal es un concepto difícil de definir de forma objetiva y de valorar con exactitud. Una definición sería aquella que implica el estado del animal que se encuentra en armonía con el medio, que tiene salud física y mental, y cubiertas sus necesidades específicas.

Respecto a su evaluación, es un proceso complejo donde se requiere del uso de indicadores que sean rápidos, efectivos y no invasivos, lo que a día de hoy aún es un reto que está siendo investigado (Staley *et al.*, 2018). Entre dichos indicadores destacan parámetros fisiológicos que se modifican por la alteración en el medio que rodea a los animales, en definitiva, respuestas de estrés, entre las que pueden considerarse tanto respuestas primarias como secundarias, y donde parámetros como aquellos relacionados con el estado oxidativo así como parámetros de inflamación y respuesta inmune, podrían ser utilizados como indicadores de bienestar. En cuanto a las muestras empleadas para la determinación de estos parámetros, se deben optar por métodos que minimicen todo lo posible el estrés generado sobre el organismo. En el caso de los peces, la obtención de muestras menos invasivas podría realizarse a través de la recogida de parte del mucus que recubre el tegumento (Sanahuja y Ibarz, 2015).

El mucus consiste en una secreción producida por las glándulas unicelulares de la epidermis, las células calciformes y células club principalmente. A diferencia de los vertebrados terrestres, los peces viven en un medio lleno de hostilidades y condiciones adversas, con una mayor cantidad de organismos patógenos como son las bacterias, hongos y parásitos. El cuerpo del animal está expuesto constantemente al estrés de su entorno y utiliza este tipo de secreción como primera línea de defensa con el exterior y contra la penetración de patógenos (Long *et al.*, 2013). Esta secreción contiene un pool enzimático y numerosos factores del sistema inmune, que junto con los mecanismos de defensa antioxidante, constituyen un sistema de defensa activo. Además, este mucus metabólicamente activo, tiene otras múltiples funciones adicionales incluyendo la respiración, regulación osmótica e iónica, percepción sensorial y locomoción, entre otras (Pérez-Sánchez *et al.*, 2017). Se ha visto, que la producción de mucus es mayor en especies de agua dulce en comparación con las especies marinas. Además, la producción aumenta conforme se someten a situaciones de estrés induciendo mayor expresión y actividad de genes antibacterianos (Tort *et al.*, 2003).

Estudios previos han demostrado la presencia de lisozima y su eficacia frente a patógenos en el mucus de muchas especies, cuyos niveles varían en función de factores tales como la temperatura, alimentación, estrés por manejo, etc. (Easy y Ross, 2010). Igualmente, también se ha demostrado que el contenido en fosfatasa alcalina, y de las proteasas tripsina y catepsina del mucus aumenta con el estrés prolongado, así como en individuos infectados (Magnadóttir, 2004; Easy y Ross, 2010). Respecto a los sistemas de defensa antioxidante del mucus, los escasos estudios disponibles han demostrado que bajo situaciones de estrés como las causadas por patógenos, las actividades superóxido dismutasa y catalasa disminuyen (Du *et al.*, 2015).

Por tanto, las múltiples funciones del mucus observadas lo convierten en una gran fuente de información sobre el estado de los individuos que, además, puede obtenerse de forma sencilla, sin

ocasionar daño ni sacrificio del animal. Esto permite realizar seguimientos prolongados en el tiempo con el mismo grupo de individuos y sin someterlos a estrés, favoreciendo un mayor estado de bienestar animal. Esto es especialmente relevante cuando tratamos de especies que se encuentran bajo condiciones de cultivo o mantenidas en hábitats artificiales aunque naturalizados como son los de exposición. Bajo dichas circunstancias, garantizar el bienestar animal y disponer de las herramientas para ello se convierte en una prioridad para gestionar adecuadamente las instalaciones. Entre los ecosistemas artificiales naturalizados que podemos encontrar en diferentes acuarios de exposición se encuentra el ecosistema de manglar. El ecosistema de manglar se caracteriza por localizarse en zonas tropicales y subtropicales, junto a estuarios. Albergan una gran diversidad de especies y son muy productivos, ya que son ricos en materia orgánica y tienen una espesa vegetación. Para este trabajo se han escogido dos especies características del ecosistema de manglar, *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*, ambas presentes en el Biodomo del Parque de las Ciencias de Granada (Figura 1), y entre cuyos objetivos, además de la divulgación y educación ambiental, también destaca el interés por la investigación que garantice el óptimo para el mantenimiento de sus especies.



Figura 1. Visión general de las instalaciones de acuarios del BioDomo del Parque de las Ciencias de Granada (España) e imagen de las especies seleccionadas para su estudio.

Con todo ello, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el estado oxidativo y estudiar el sistema inmune de estas dos especies de peces, *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*, del hábitat de manglar recreado por el Biodomo de Granada mediante la determinación de enzimas clave como son la DT-diaforasa, glutatión S-transferasa, mieloperoxidasa y el nivel de proteínas

soluble, además del estudio microscópico de extensiones de mucus obtenidas de la piel de los peces para caracterizar los tipos celulares de las mismas. Con los resultados obtenidos se podrá evaluar el estado de bienestar de estos animales, así como determinar si los factores ambientales u otros agentes estresantes pueden afectar negativamente a su producción o forma de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y toma de muestras

El presente estudio se realizó en colaboración con el Biodomo del Parque de las Ciencias de Granada, que suministró los ejemplares de las especies *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua* características del ecosistema de manglar. Las especies, expuestas en el BioDomo, no fueron sometidas a ningún tratamiento previo, por lo que se encontraban en las condiciones propias de su mantenimiento en los acuarios de exposición, con características próximas a su medio ambiente natural. Para la toma de las muestras, se cogieron al azar cinco peces de cada especie, que fueron anestesiados con aceite de clavo (0.015 mL/L). A continuación, se eliminó el exceso de agua del pez y se recogió la muestra de mucus destinada a estudios histológicos para lo cual se pasó el portaobjetos mediante una única rotación siguiendo la curvatura desde la zona ventral a la zona dorsal de cada animal. Los frotis obtenidos se fijaron en metanol y se dejaron secar a temperatura ambiente. Para las determinaciones bioquímicas se tomaron muestras de mucus mediante un scraper de silicona, siendo inmediatamente congeladas y mantenidas a -80°C hasta posteriores análisis.

Tinción de los frotis

- **Wright-Giemsa:** Tres de las muestras de frotis se tiñeron con Wright-Giemsa para observar las poblaciones celulares existentes en el mucus. La tinción de Wright empleada para distinguir los tipos de células incluyó azul de metileno, para teñir de color azul las zonas ácidas de la célula, y eosina para teñir las zonas alcalinas. La tinción de Giemsa permitió observar los gránulos leucocitarios. El uso combinado de ambas técnicas tuvo como finalidad la mejora de visualización de resultados. Para realizar las tinciones se siguió el procedimiento descrito por Montuenga *et al* (2009). Las muestras teñidas y secadas al aire, fueron deshidratadas y tratadas con xilol para el posterior montaje en seco y observación por microscopía óptica.

- **Tinción PAS:** La técnica de tinción PAS (ácido peryódico de Schiff) se realizó para detectar mucopolisacáridos en las muestras de frotis. En algunas muestras esta tinción se combinó con hematoxilina para obtener un mejor contraste.

Determinaciones bioquímicas

Las muestras de mucus fueron homogeneizadas en tampón 100 mM Tris-HCl, 0.1 mM EDTA, 0.1% tritón X-100, pH 7.8 con un homogeneizador mecánico (Polytron PT 2100, Heidolph instruments), tras lo cual fueron centrifugadas a 30000g, a 4°C durante 30 minutos. El sobrenadante obtenido fue empleado para determinar los siguientes parámetros:

- ***DT diaforasa (DTD)***: La actividad DT-diaforasa se midió según el método establecido por Lemaire, *et al.* (1996). Ésta se basa la variación de la absorbancia medida a 600 nm como consecuencia de la disminución de la quinona reductasa (QR2). La mezcla de reacción contenía: 50 mM Tris-HCl (pH 7.3), 5 mM NADH, 0.42 mM DCPIP (2,6-diclorofenol indofenol) y albúmina al 0.147 %. Se midió la absorbancia a 600 nm durante 5 minutos a 25°C. Se realizó una reacción control del extracto cuyo valor de actividad fue restado a cada reacción problema para determinar la actividad de DTD en la muestra.
- ***Glutación S-transferasa (GST)***: La actividad GST se midió según la técnica de Frasco, *et al.* (2002) basada en el método de Habig (1974) adaptado a microplaca. En ella se midió el incremento de densidad óptica a 340 nm provocada por la formación de un conjugado formado por glutatión y CDNB (1-cloro-2,4-dinitrobenceno) por mediación de la enzima glutatión S-transferasa. La mezcla de reactivos consistió en tampón 0.1 M fosfato potásico (pH 6.5) y 1.2 mM GSH, 1.25 mM CDNB. Los cambios en la absorbancia fueron determinados durante 5 minutos a 340 nm y 25°C.
- ***Mieloperoxidasa (MPO)***: Se midió la actividad mieloperoxidasa de acuerdo a la técnica de Mohanty y Sahoo (2010) modificada. Para ello, se mezcló la muestra con solución Hank's, 20 mM TMB y 5 mM H₂O₂. Se determinaron los cambios de absorbancia a 653 nm, 25°C durante 3 minutos.
- ***Proteínas solubles***: La concentración de proteína se midió por el método de Bradford (1976), utilizando albúmina de suero bovino para la realización de la curva patrón estándar.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en las pruebas bioquímicas se expresaron como media \pm SEM (error estándar de la media). Se realizó un análisis estadístico de T de Student para la comparación entre las dos especies, teniendo en cuenta el valor de significación ($p < 0.05$). Se utilizó el programa SPSS versión 19.0 para analizar los datos.

RESULTADOS

Los resultados para las actividades GST, DTD y mieloperoxidasa, así como para los niveles de proteínas solubles en mucus se presentan en la Figura 2. A excepción de la GST, que sólo se detectó en *Terapon jarbua*, tanto el enzima DTD como la mieloperoxidasa presentaron actividad en el mucus de ambas especies. En este sentido, se observaron diferencias significativas entre especies tanto en la actividad mieloperoxidasa como GST, siendo más altas en *Terapon jarbua*. Por el contrario, la actividad del enzima DTD no fue significativamente diferente entre especies ($p = 0.898$). Respecto a los niveles de proteínas solubles, las concentraciones fueron similares en el mucus de ambas especies.

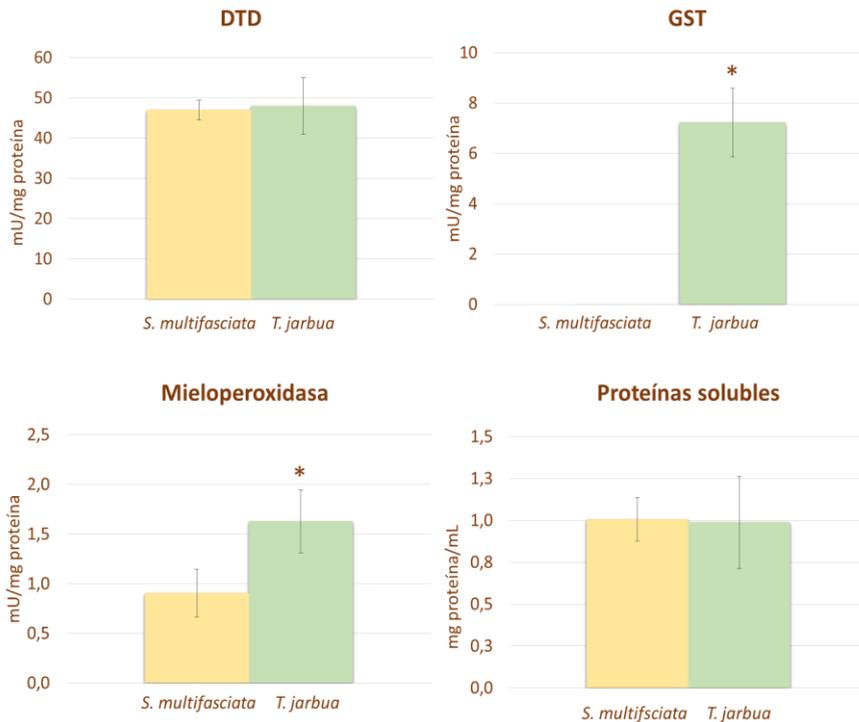


Figura 2. Actividad DT-diaforasa (DTD), glutatión S-transferasa (GST), mieloperoxidasa y niveles de proteínas solubles en mucus de las especies *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*. Los valores se presentan como media \pm SEM (n=5). Un asterisco indica diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$).

Respecto al estudio microscópico de los frotis del mucus, se seleccionaron las imágenes donde se apreciaban rasgos relevantes encontrados en las muestras de ambas especies. En este sentido mediante tinción Wright-Giemsa, en la Figura 3-A se pueden observar agrupaciones celulares con núcleos intensamente teñidos en mucus de *Selentoca multifasciata*. Entre ellas, células esféricas o globosas con núcleo lateral teñido (flecha), mientras que el citoplasma se observa de color claro, eosinófilo. También se observan células dispersas, posiblemente desprendidas del mismo epitelio. Por su parte, en la Figura 3-B se presentan células del mucus de *Selentoca multifasciata* con forma globosa con citoplasma poco teñido, eosinófilo y núcleo con posición lateral, basófilo (flecha negra). Alrededor se encuentran las agrupaciones de células epiteliales con núcleos teñidos intensamente.

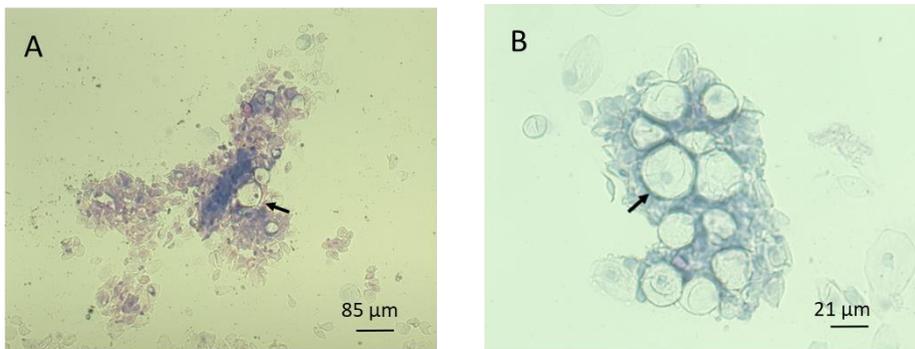


Figura 3. Extensiones de mucus de *Selentoca multifasciata*. (A, B) Tinción Wright-Giemsa.

Respecto a la tinción PAS, en la Figura 4-A se observan agrupaciones de células de origen epidérmico, con núcleos intensamente teñidos en mucus de *Terapon jarbua*, mientras que en la Figura 4-B se muestran filamentos de mucus teñidos con PAS revelando la presencia de mucopolisacáridos en el mucus de esta especie.

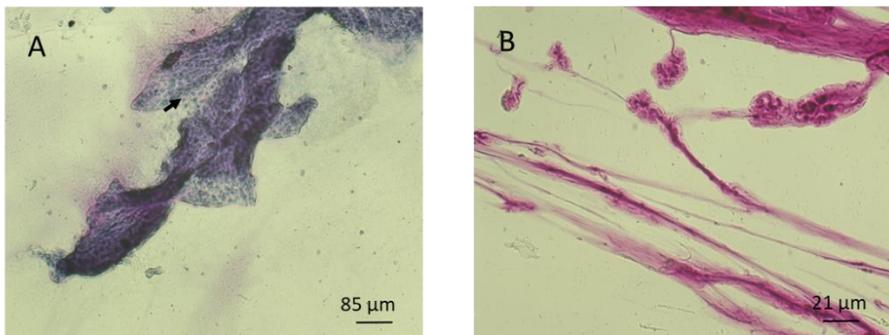


Figura 4. Extensiones de mucus de *Terapon jarbua*. (A) Tinción PAS sin hematoxilina. (B) Tinción PAS.

DISCUSIÓN

El bienestar animal es un concepto difícil de definir de forma objetiva y de valorar con exactitud, aunque podría considerarse como aquel estado del animal que se encuentra en armonía con el medio, que tiene salud física y mental, y cubiertas sus necesidades específicas. Por ello, evaluar el estado de bienestar de los animales, especialmente mediante el uso de técnicas no invasivas, como es el uso del mucus del tegumento de los peces es fundamental para poder adoptar aquellas acciones que fuesen necesarias para garantizar dicho estado. Esto es especialmente relevante cuando tratamos de especies que se encuentran bajo condiciones de cultivo o mantenidas en hábitats artificiales aunque naturalizados como son los de exposición. Los resultados del presente estudio, donde se determinaron parámetros tanto de estado oxidativo como inmunológico, y realizados en dos especies de peces características del ecosistema de manglar, *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*, nos ofrecen herramientas para poder llevar a cabo dicha gestión.

El enzima DT-diaforasa (DTD) se encarga de eliminar compuestos oxidantes del ciclo redox, como son las hemiquinonas y previniendo de la formación de radicales superóxido. Las hidroquinonas son compuestos más estables en comparación con las hemiquinonas y pueden conjugarse con ácido glucurónico mediante UDP glucoronil transferasa y excretarse. Sturve *et al.* (2008), estudiaron los efectos de las aguas residuales en la trucha arcoíris en su estado oxidativo. Las aguas residuales liberan sustancias químicas en el agua que tienen capacidad para formar especies de oxígeno reactivo y causar ese estrés oxidativo. Por tanto, expusieron a la trucha a efluentes de agua residual y se midieron una serie de parámetros, entre ellos la DTD. Los resultados mostraron que cuando el animal se exponía al agente estresante durante un corto período, la actividad de la DTD aumentaba significativamente. Pero tras una exposición prolongada, se inhibía su actividad. En el presente trabajo, se obtuvo actividad de la enzima en las dos especies, pero no se encontraron diferencias entre ellas al realizar el estadístico. Comparando los resultados con el trabajo mencionado, podríamos decir que las especies estudio, *a priori*, no se encuentran bajo ningún estrés. Aunque haya actividad de la enzima, no se ha observado que ésta sea altamente significativa.

Respecto a la glutatión S-transferasa (GST), pertenece a una familia de enzimas que se encargan de la detoxificación celular. Catalizan la conjugación de glutatión reducido, desintoxica los compuestos endógenos y descompone los compuestos xenobióticos (Cheun *et al.*, 2013). Este enzima, por tanto, juega un papel fundamental como defensa antioxidante, frente a epóxidos y peróxidos. El presente trabajo muestra actividad del enzima en la especie *Terapon jarbua*, mientras que en *Selenotoca multifasciata* no se detectó. Por tanto, hay una diferencia bastante notable entre especies. Esta ausencia de actividad en la primera especie, podría deberse a una baja concentración de glutatión. Además, hay que tener en cuenta las características propias de la

misma, aunque los factores ambientales donde se encontraban eran similares. En el trabajo Atli *et al.* (2016), se caracterizaron los sistemas antioxidantes en cuatro especies distintas de peces dulceacuícolas. Entre los parámetros que se midieron, estaba la GST, cuya actividad mostró variación en función de la especie. Por tanto, se concluyó, que la actividad de la enzima dependía de factores como su comportamiento, movilidad, actividad metabólica, necesidades ecológicas y posición taxonómica de la especie.

Por otra parte, la mieloperoxidasa es una enzima con un papel importante como agente microbicida, ya que transforma el peróxido de hidrógeno en ácido hipocloroso, además de mantener el balance redox del sistema inmune. Por tanto, la mieloperoxidasa en mucus es esencial como elemento de defensa frente a la entrada de patógenos a nivel del tegumento (Guardiola *et al.*, 2016). El mucus supone la primera barrera física en el sistema inmune ya que la superficie de los peces está expuesta al medio en el que viven y son más susceptibles a padecer infecciones. Debido a esto, se podría explicar la presencia de esta enzima, cumpliendo un papel fundamental en la respuesta inmune. Se ha visto en otros trabajos, como el de Guardiola *et al.* (2016), que su actividad se incrementa cuando es sometida a un agente estresante, como la densidad de especies. Por otro lado, se encontraron variaciones de actividad según el período de tiempo durante el que las especies estaban expuestas a ese estrés. Por lo que una actividad baja o no muy alta de este enzima, supone un indicador de bienestar de nuestras especies. Los resultados obtenidos en este trabajo, han mostrado niveles significativos de actividad mieloperoxidasa en las dos especies, aunque fueron estadísticamente superiores en *Terapon jarbua*. A pesar de encontrarse bajo las mismas condiciones, en el acuario que recrea el ecosistema de manglar y fueron alimentados de igual forma y con la misma dieta, la actividad de la enzima no solo estaba influida por factores extrínsecos. También depende factores intrínsecos del animal, como la microbiota de la piel, así como la composición de los carbohidratos y funciones en el mucus. Algo similar ocurrió en un estudio en el que se analizaron varios parámetros en el mucus (entre ellos la mieloperoxidasa) para estudiar el sistema inmune de 5 especies de peces diferentes. Se observó que la cantidad de mucus y su funcionalidad varía en función de la especie, a pesar de encontrarse bajo las mismas condiciones ambientales (Guardiola *et al.*, 2014). Los resultados muestran que esta especie podría estar más preparada para hacer frente a la entrada de patógenos dados los valores más altos de esta enzima.

En el caso de la concentración de proteínas solubles en mucus, se obtuvieron concentraciones bajas en las especies y no hubo diferencias significativas entre ellas. Esto podría indicarnos que se encuentran en una situación de equilibrio. Cuando hay factores relacionados con el estrés, como contaminantes abióticos, infecciones patogénicas o incluso el manejo de los animales, se produce una elevación del contenido proteico en mucus debido a alteraciones de las células epidérmicas, y, por tanto, a la filtración de proteínas celulares y plasmáticas al mucus. Además, al someter al

animal a un estrés, es posible que pierda capas epidérmicas de mucus y las células inicien respuestas fisiológicas que dan como resultado altos contenidos proteicos (Chong *et al.*, 2005). Por tanto, unas concentraciones bajas pueden indicarnos que se encuentran en las condiciones adecuadas.

Como ya hemos indicado, la piel es la primera barrera de defensa en peces, protegiendo contra cualquier estresante externo y preservando la integridad y la homeostasis del cuerpo (Cordero *et al.*, 2017). En este trabajo, tras realizar un estudio microscópico de las extensiones de mucus, se observaron agrupaciones de células epidérmicas en ambas especies. Tras comparar las distintas muestras, hay que destacar la presencia de unas células globosas (Figura 3-B) en *Selenotoca multifasciata*. La epidermis está compuesta por un epitelio estratificado, donde las células se renuevan constantemente y están dividiéndose por mitosis. Esto puede explicar que en *Selenotoca multifasciata* encontremos menores agrupaciones de células epidérmicas en la extensión. Puede que esta especie tenga un grado de descamación mayor y la renovación sea más intensa que en la primera especie. También podría relacionarse la pérdida de capas epidérmicas con la exposición a algún tipo de agente estresante, pero no se mostraron señales de ello en los animales estudiados.

En la epidermis las células principales que podemos encontrar son: las células de Malpighi y las células en copa (“células *clap*”) encargadas de la secreción de mucus. Las células de Malpighi suelen ser redondeadas en todas las capas, excepto en la más superficial, que son horizontales y aplanadas. Las células mucosas en copa se encuentran por toda la epidermis, pero cuanto más cercanas a la superficie, aumentan de tamaño y la producción de sus secreciones (Sierra *et al.*, 2011). En el presente trabajo, se observaron en las extensiones de mucus de ambas especies, unas células de mayor tamaño y con aspecto globoso, núcleo lateral y citoplasma débilmente teñido. Éstas, se localizaban intercaladas entre las células epidérmicas. Posiblemente se correspondan con células mucosas, pero no relacionadas con la respuesta de alarma. Aún no se conoce bien las funciones, por lo que sería interesante profundizar algo más en el estudio de este tipo de células. En las impresiones, se mostró mayor cantidad de estas células mucosas en la especie *Selenotoca multifasciata*, quizás relacionado también con la renovación de la epidermis o una mayor sensibilidad de esta especie. La pérdida de capas epidérmicas puede llevar a la producción de mayor cantidad de mucus para la protección frente a infecciones y patógenos del animal. Pérez-Sánchez *et al.* (2017) demostraron que se producen cambios en los componentes del epitelio cuando los peces son sometidos a un estrés, explicando así la mayor proliferación de células epidérmicas. En *Terapon jarbua*, también pueden observarse células mucosas, pero en menor medida. Por otro lado, algo a destacar de esta especie es que en algunas muestras se observan filamentos intensamente teñidos (Figura 4-B) cuando se realiza la tinción PAS, lo que confirma el carácter mucopolisacárido del mucus. Estas secreciones no fueron observadas tan claramente en *Selenotoca multifasciata*.

CONCLUSIONES

La especie *Terapon jarbua* mostró valores más altos de actividad peroxidasa y GST, lo que podría ser indicativo de la mayor capacidad de esta especie para hacer frente a la entrada de patógenos y acción de agentes tóxicos a nivel del tegumento. Por su parte, el estudio histológico del mucus puso de manifiesto la presencia de abundantes células epiteliales en ambas especies con cierto predominio en *Selenotoca multifasciata* acompañado de células globosas secretoras de mucus lo que podría denotar una mayor sensibilidad de esta especie a cambios del entorno. Finalmente, indicar que los resultados obtenidos para los parámetros de actividad mieloperoxidasa, GST, DTD, así como el estudio histológico del mucus, son capaces de reflejar el estado de bienestar de los animales, y por tanto son susceptibles de ser empleados como bioindicadores.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado por el Programa Operativo FEDER/Junta de Andalucía-Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades a través del proyecto A.RNM.302.UGR20 “Indicadores de bienestar en animales salvajes en cautividad mediante el uso de técnicas no invasivas”. Agradecemos igualmente al personal del BioDomo del Consorcio Parque de las Ciencias de Granada por su colaboración en el presente estudio.

REFERENCIAS

- Atli G., Canli E.G., Eroglu A., Canli M. (2016). Characterization of antioxidant system parameters in four freshwater fish species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126: 30-37.
- Bradford M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Cheun B., Tae K., Gu J., Woo J., Kwon T., Heon J., Hee S., Duong C.N., Chun I., Je P., Choi K. (2012). Oxidative stress in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to TiO₂ nanoparticles. *Molecular and Cellular Toxicology*, 8: 357-366.
- Chong K., Sock T., Foo J., Toong L., Chong A. (2005). Characterisation of proteins in epidermal mucus of discus fish (*Symphysodon spp.*) during parental phase. *Aquaculture*, 249: 469-476.
- Cordero H., Ceballos-Francisco D., Cuesta A., Esteban M.A. (2017). Dorso-ventral skin characterization of the farmed fish gilthead seabream (*Sparus aurata*). *PLOS ONE*. 12: e0180438.
- Du Y., Yi M., Xiao P., Meng L., Li X., Sun G., Liu Y. (2015). The impact of *Aeromonas salmonicida* infection on innate immune parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Fish and Shellfish Immunology*, 44: 307-315.

- Easy R.H., Ross N. W. (2009). Changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) epidermal mucus protein composition profiles following infection with sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part D*, 4: 159-167.
- Frasco M.F., Guilhermino L. (2002). Effects of dimethoate and beta-naphthoflavone on selected biomarkers of *Poecilia reticulata*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26: 149-156.
- Guardiola F.A., Cuesta A., Abellán E., Meseguer J., Esteban M.A. (2014). Comparative analysis of the humoral immunity of skin mucus from several marine teleost fish. *Fish and Shellfish Immunology*, 40:24-31.
- Guardiola F.A., Cuesta A., Esteban M.A. (2016). Using skin mucus to evaluate stress in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish and Shellfish Immunology*, 59: 323-330.
- Habig W.H., Pabst M.J., Jakoby, W.B. (1974). Glutathione S-transferases: The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, 249: 7130-7139.
- Lemaire P., Förlin L., Livingston D.R. (1996). Responses of hepatic biotransformation and antioxidant enzymes to CYP1 A-inducers (3-methylcholanthrene, β -naphthoflavone) in sea bass (*Dicentrarchus labrax*), dab (*Limanda limanda*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*, 36: 141-160.
- Long Y., Li Q., Zhou B., Song G., Li T., Cui Z. (2013). De Novo Assembly of Mud Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) Skin Transcriptome to Identify Putative Genes Involved in Immunity and Epidermal Mucus Secretion. *PLOS ONE* 8: e5699.
- Magnadóttir B. (2006). Innate immunity of fish (overview). *Fish and Shellfish Immunology*, 20: 137-151.
- Mohanty B.R., Sahoo P.K. (2010). Immune responses and expression profiles of some immune-related genes in Indian major carp, *Labeo rohita* to *Edwardsiella tarda* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 28: 613-621.
- Montuenga B., Esteban R., Calvo G. (2009). Procesamiento de muestras para microscopía óptica y tinciones. In: *Técnicas en histología y biología celular*. Editorial Elsevier, España. pp:35-94.
- Pérez-Sánchez J., Terova G., Simó-Mirabet P., Rimoldi S., Folkedal O., Calduch-Giner J.A., Olsen R.E., Sitjà-Bobadilla A. (2017). Skin mucus of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) protein mapping and regulation in chronically stressed fish. *Frontiers in Physiology*, 34: 1-18.
- Sanahuja I., Ibarz, A. (2015). Skin mucus proteome of gilthead sea bream: A non-invasive method to screen for welfare indicators. *Fish and Shellfish Immunology*, 46: 426-435.
- Sierra E.M., Espinosa de Los Monteros A.R., Real F., Herráez P., Castro P., Fernández A. (2003). Histología y patología de los peces. Biología y necropsia de los peces. *Revista canaria de las ciencias veterinarias*, 1: 44-51.
- Staley M., Connors M.G., Hall K., Miller L.J. (2018). Linking stress and immunity: Immunoglobulin A as a non-invasive physiological biomarker in animal welfare studies. *Hormones and Behavior*, 102: 55-68.

Sturve J., Carney B., Förlin L. (2008). Oxidative stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to sewage treatment plant effluent. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70: 446-452.

Tort L., Balasch J.C., Mackenzie S. (2003). Fish immune system. A crossroads between innate and adaptive responses. *Inmunología*, 3: 277-286.



Regresión de praderas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch. en el sector sur del Golfo de Valencia

Regression of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch. in the southern sector of the Gulf of Valencia

M. Maimi-Checa^{1,2*}, C. Torán¹,
E. Rodríguez-López³, B. Feliu-Tena^{2,3}
S. Falcó³, M. Rodilla³

¹MEMIC, Universitat Politècnica de València,
C/Paranimf, 1, 46730 Valencia, Spain

²Eucrante, 46702 Gandia, Spain

³Institut d'Investigació per a la Gestió Integrada de Zones Costaneres,
Universitat Politècnica de València, C/Paranimf, 1,
46730 Valencia, Spain

M. Maimi-Checa   meritxellmaimicheca@gmail.com

RESUMEN | Las fanerógamas marinas son ampliamente conocidas por sus múltiples servicios ecosistémicos, pero la información existente sobre su abundancia y distribución en el sector sur del Golfo de Valencia es escasa y está desactualizada. Los temporales que afectan a esta zona, especialmente el temporal Gloria, han dejado rastro de su impacto sobre las praderas de *Cymodocea nodosa* en las playas de esta costa, por lo que es necesaria una evaluación de la situación de las praderas de esta especie. En este trabajo se comparó la densidad y distribución de las praderas de *Cymodocea nodosa* del sector sur del Golfo de Valencia con los datos cartográficos existentes del año 2007. Como resultado, se obtuvo que muchas de las praderas cartografiadas en 2007 han desaparecido y que las praderas que existen actualmente tienen una baja densidad de haces/m². Además, la cartografía de 2007 no concuerda con la distribución actual de esta fanerógama, por lo que es necesaria su actualización.

Palabras clave |

Cymodocea nodosa,
temporales marinos,
praderas,
fanerógama,
cartografía,
cambio climático.

ABSTRACT | Marine phanerogams are widely known for their multiple ecosystem services, but the existing information on their abundance and distribution in the southern sector of the Gulf of Valencia is scarce and outdated. The storms that affect this area, especially storm Gloria, have left traces of their impact on the *Cymodocea nodosa* meadows on the beaches of this coast, so an assessment of the situation of the meadows of this species is necessary. In this work, the density and distribution of *Cymodocea nodosa* meadows in the southern sector of the Gulf of Valencia were compared with the existing cartographic data from 2007. As a result, it was found that many of the meadows mapped in 2007 have disappeared and that the meadows that currently exist have a low density of beams/m². In addition, the 2007 cartography does not agree with the current distribution of this phanerogam, so it is necessary to update it.

Keywords |

Cymodocea nodosa,
marine storms,
meadows,
seagrass,
cartography,
climate change.

INTRODUCCIÓN

Entre los diferentes hábitats que encontramos en el ecosistema marino, las praderas de fanerógamas marinas son particularmente importantes, tanto por sus funciones ecológicas y servicios ecosistémicos, como por su papel en la dinámica de la red alimentaria, las interacciones del paisaje marino y el potencial de resiliencia ecológica (Cullen & Unsworth, 2013).

Pese a su gran importancia, los hábitats formados por las praderas están actualmente sujetos a tasas de pérdida iguales y, a menudo, superiores a las de las selvas tropicales y los arrecifes de coral, con estimaciones que sugieren tasas de pérdida global sin precedentes de alrededor del 7% anual (Cullen & Unsworth, 2013).

Cymodocea nodosa, fanerógama marina que constituye praderas, se halla a lo largo de toda la costa valenciana, recubriendo la mayor parte de los fondos arenosos (Ruiz *et al.*, 2015).

Existen una serie de estudios que evidencian algunos factores antrópicos como determinantes en la disminución de la distribución de esta planta submarina, como son: las obras marítimas; cambios en la dinámica sedimentaria, que acaban enterrando las praderas; aumento de la turbidez del agua y consecuente reducción lumínica; eutrofización por jaulas de engorde o vertidos de aguas residuales; fondeos de embarcaciones (Tuya, 2013); y el marisqueo (Rubio Astorga, 2017).

Por otra parte, hay algunos factores ambientales que también condicionan el crecimiento de las praderas, en especial, el hidrodinamismo. El elevado hidrodinamismo provoca el enterramiento y rotura de rizomas y hojas (Delbono *et al.*, 2003). Las praderas de *C. nodosa* se ven afectadas de forma cíclica por los temporales que, en playas abiertas, y cuando se producen alturas de ola

superiores a 3,9 m, pueden provocar desenraizamiento. En los últimos años se han dado temporales de forma más frecuente, por lo que las praderas de *C. nodosa* no han podido recuperar sus habituales niveles de cobertura y densidad, sobre todo en fondos menores de 15 m, donde la energía del oleaje afecta a su sistema de raíces. Así, una mayor frecuentación de los temporales en el Mediterráneo, a consecuencia del cambio climático, podría afectar muy negativamente a las praderas de esta angiosperma (Ruiz *et al.*, 2015).

Cymodocea nodosa al igual que el resto de fanerógamas marinas, juega un papel fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas marinos y costeros. Sus múltiples servicios ecosistémicos la convierten en un factor decisivo en la carrera contra el cambio climático y el efecto invernadero. Es por esto, que resulta esencial dotar a esta especie con una buena gestión, conservación y restauración en circunstancias de deterioro de las praderas. Para ello, el seguimiento de las praderas es vital para conseguir alcanzar los objetivos de gestión y conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio de este trabajo se centra en la zona marina litoral del sector sur del Golfo de Valencia. Se caracteriza por su alto potencial turístico centrado en la costa y su aprovechamiento pesquero. Es una costa micromareal (rango medio de marea entre 0,3 m y 0,7 m) de oleaje suave, con altura de ola significativa (H_s) de 0,7 m y periodo de pico (T_p) de 4,2 s de promedio (Cabezas-Rabadán *et al.*, 2019), aunque las tormentas pueden alcanzar alturas de olas mayores H_s de 5 m y T_p de 15 s (Pardo-Pascual *et al.*, 2014). El clima de esta zona es mediterráneo, con elevada estacionalidad de la lluvia a lo que se une una gran variabilidad interanual (Pérez Cueva, 1994).

Estudios realizados en el pasado siglo, ya evidenciaban un cambio en las precipitaciones anuales en la Comunitat Valenciana (Bonvehí *et al.*, 1998), en los que observaron un aumento de la concentración de las lluvias en la época de invierno, suponiendo temporales de gran capacidad erosiva (González Hidalgo, 1996). En los últimos años han sucedido eventos extremos de precipitación en el Mediterráneo debido fundamentalmente al efecto que han provocado profundas depresiones aisladas en niveles altos (DANA) al aproximarse al sur y este de la Península (Oria Iriarte, 2021).

La distribución espacial de precipitaciones extremas, las que causan un mayor impacto, presenta una gran variabilidad. De hecho, ya desde la década de los 90 se apunta a que el cambio climático está ligado a los incrementos de la precipitación extrema a escala diaria, debido al calentamiento del aire y al consiguiente aumento de la capacidad del aire para contener vapor de agua (IPCC, 1995).

Uno de los temporales más virulentos y que han dejado más impactos negativos en nuestra zona de estudio recientemente ha sido el temporal Gloria. Gloria dejó récords diversos, como el de altura de ola significativa en el Mediterráneo occidental (Oria Iriarte, 2021) con una altura de ola que llegó a los 7,6 metros frente a las costas del Delta de l'Ebre (Uscuplic, 2021). El impacto de Gloria en los tramos de costa del sur de Cullera a Gandia y entre el puerto de Valencia y el Cap de Cullera ha dejado registros de altura de ola nunca vistos en la playa del Saler (Valencia), superando los 7 metros de altura (Pascual *et al.*, 2021).

A pesar de la gran capacidad de adaptación de *Cymodocea nodosa* a fenómenos extremos, estos cambios en el hidrodinamismo debidos al incremento en los temporales (Pascual *et al.*, 2021), han afectado de forma sustancial al mantenimiento de las praderas de esta planta en nuestra zona de estudio. Tanto es así, que hay evidencias de un deterioro en las praderas posterior al suceso del temporal Gloria. En la siguiente imagen se pueden observar los restos de una pradera de *Cymodocea nodosa*, acompañando restos de peces (Figura 1), que llegaron a la playa del Perelló a causa del temporal Gloria (La Vanguardia Redacción Valencia, 2020). Esto da una idea de la capacidad destructiva que suponen estos temporales para las praderas de esta planta.



Figura 1. Restos de pradera de *Cymodocea nodosa* junto con restos de especies piscívoras en la playa del Perelló. Imágen de Laura Pastor Soler, en el periódico La Vanguardia.

Con el objetivo de localizar las praderas de *Cymodocea* presentes en la zona de estudio, se utilizó la cartografía existente sobre esta planta, que se encuentra disponible de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, realizada en 2007. En esta cartografía existe una capa de praderas de *Cymodocea nodosa* donde se observa únicamente una escasa extensión (882 hectáreas) de praderas en la zona sur del Golfo de Valencia (Figura 2).



Figura 2. Mapa del sector sur del Golfo de Valencia con la capa de la cartografía de praderas de *Cymodocea nodosa* realizada en 2007.

Para determinar la presencia o no de estas praderas se utilizaron técnicas de observación directa bajo el agua, como son el buceo con escafandra autónoma y la fotografía subacuática. Las

prospecciones requirieron del uso de GPS y se realizaron un total de 17 inmersiones de prospección que fueron georeferenciadas. En ocasiones, si el área de prospección lo requería, se realizaba un arrastre de un aquaplano desde la embarcación para recorrer entre 1 y 2 km de transecto.

En cada inmersión se hicieron grabaciones y fotografías con una cámara GoPro con carcasa sumergible y se recontaron los haces en varias réplicas de un cuadrado de 40 cm de lado para poder obtener así la densidad de haces por m².

Se tomaron muestras del sedimento utilizando un core, para poder determinar la granulometría. Con estas muestras, se realizó un análisis mecánico de sedimentos (Buchanan, 1984), y se determinó el tipo de grano del sedimento, siendo entre 2 a 1 mm arena muy gruesa, de 1 a 0,5 mm arena gruesa, de 0,5 a 0,25 mm arena mediana, de 0,25 a 0,125 arena fina y de 0,125 a 0,063 mm arena muy fina, por debajo de esto se consideran limos y arcillas (Wentworth, 1922).

RESULTADOS

Una vez realizados los transectos, se pudo determinar que, de las 882 hectáreas de praderas de *Cymodocea nodosa* cartografiadas en 2007, han desaparecido 375 hectáreas, un 42,5% (Figura 3).

En la parte norte del mapa, al norte del Cabo de Cullera, se puede observar una pradera desaparecida frente a la playa de El Perelló. En la parte central del mapa encontramos las praderas frente a los municipios de Gandía, Guardamar de la Safor y Daimuz, aquí ha desaparecido la pradera que existía anteriormente y ha aparecido una nueva pradera, etiquetada como Pradera A. En la zona sur del mapa podemos encontrar una mayor densidad de praderas. Algunas de las praderas cartografiadas en 2007 continúan presentes en la actualidad, una de las praderas de mayor extensión que había cartografiadas, actualmente ya no existe, y parte de la pradera etiquetada como C ha desaparecido.

Del resto de praderas existentes en la zona de estudio, fueron estudiadas las densidades y coberturas de las praderas A, B y C, indicadas en la Figura 3 (Tabla 1).

En cuanto a la granulometría, se pudo comprobar que *Cymodocea nodosa* se encuentra en la Biocenosis de las Arenas Finas terrígenas Bien Calibradas (AFBC) (Tabla 2). La biocenosis AFBC ocupa sobre todo enormes extensiones en el fondo de grandes bahías entre 2 y 25 m de profundidad (Augier, 2010), lo cual es el caso de la zona de estudio.

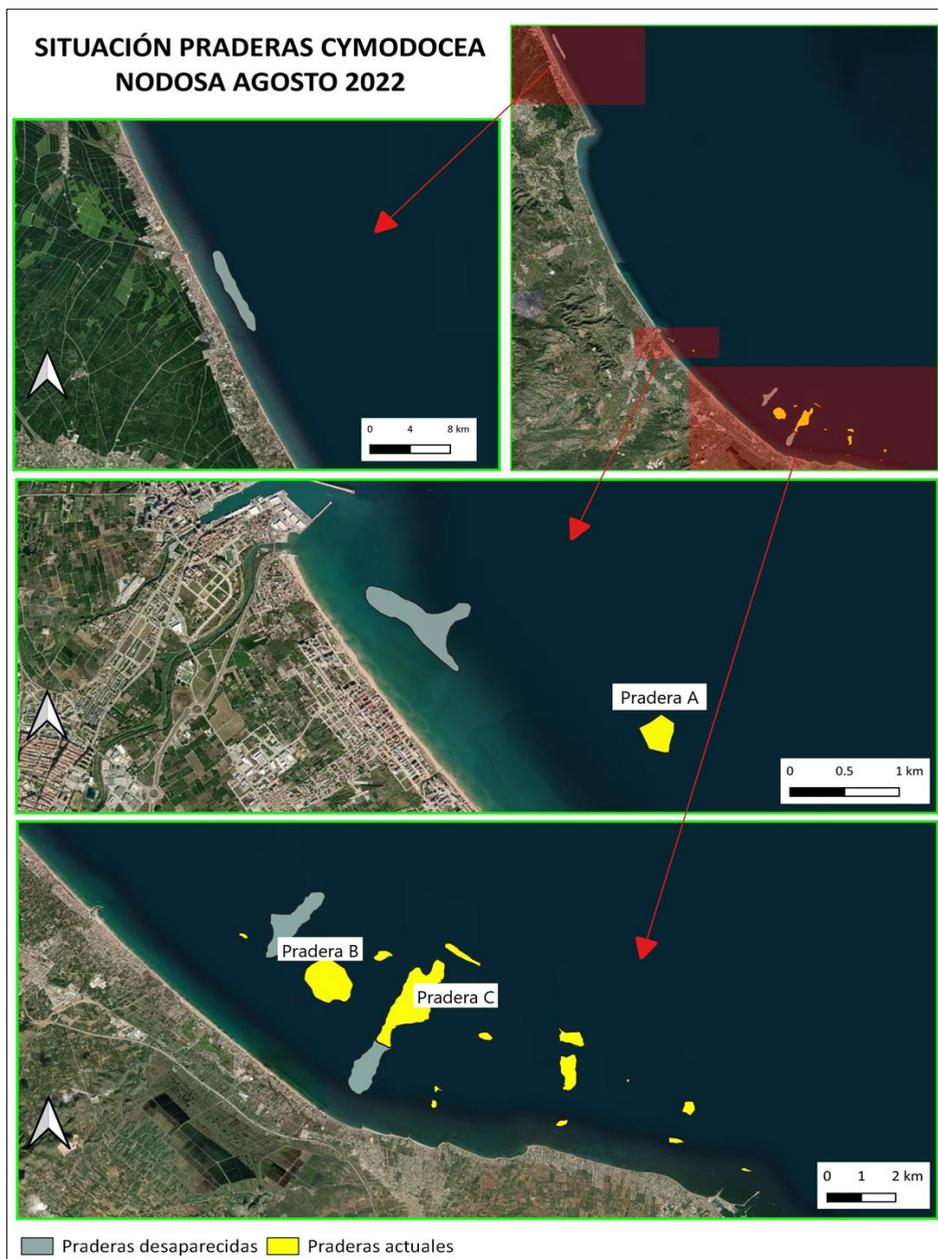


Figura 3. Mapa del sector sur del Golfo de Valencia con la cartografía de praderas de *Cymodocea nodosa* actualizada.

Tabla 1. Densidad y cobertura de *Cymodocea nodosa* en las praderas A, B y C.

Pradera	Densidad media pradera (haces/m ²)	% Cobertura media pradera
A	48	40
B	112	65
C	99	52

Tabla 2. Resultados de granulometría de los fondos donde se encontraron las praderas A, B y C.

Pradera	Muestra	2 mm – 1 mm	1 mm – 0,5 mm	0,5 mm – 0,25 mm	0,25 mm – 0,125 mm	0,125 mm – 0,063 mm	0,063 mm – 0 mm	desviación estándar
A	1	0,60%	2,20%	3,90%	10,10%	79,20%	3,70%	0,042
B	2	0,50%	1,50%	1,10%	0,60%	85,70%	9,20%	0,488
	3	1,20%	2,70%	2,80%	1,80%	88,70%	2,40%	0,057
	4	0,90%	1,90%	3,80%	3,90%	85,10%	4,30%	0,021
C	6	1,20%	2,40%	6,20%	75,20%	14,10%	0,10%	0,154
	7	3,30%	6,80%	5,80%	48,60%	35,20%	0,10%	0,036

Se puede observar que los resultados de granulometría indican una mayor proporción de arenas finas y muy finas. Estas muestras hacen referencia a los fondos donde encontramos las praderas A, B y C, no obstante, también representan el tipo de granulometría que se puede encontrar a lo largo de la zona de estudio.

DISCUSIÓN

Los resultados de los transectos para la localización de *Cymodocea nodosa* revelaron una pérdida de al menos 375 hectáreas de praderas.

En cuanto a las praderas existentes, la pradera A no aparece en la cartografía de 2007, por lo que se la considera una pradera generada en la última década. Esta se encuentra en un estadio poco maduro de crecimiento, su densidad y cobertura media son menores a las de las praderas B y C (Tabla 1).

La pradera B ya aparecía en la cartografía de 2007, se trata de una pradera de *Cymodocea nodosa* más madura que, además, se ha podido comprobar el aumento de su área de cobertura, actualmente mayor a la definida en la cartografía de 2007, por lo que se puede asegurar que dicha

pradera se encuentra en crecimiento.

Por otra parte, tenemos la pradera C, está ya aparecía en la cartografía de 2007, pero parte de la pradera situada a menor profundidad, más cercana a la costa, ha desaparecido. Existen evidencias de que las grandes olas provocadas por temporales cada vez más intensos, realizan grandes impactos sobre las praderas (Figura 1). En la introducción se ha hecho referencia a unos restos de pradera que llegaron a las playas del Perelló tras el temporal Gloria, si observamos la cartografía actualizada (Figura 3), se puede observar que la pradera situada frente a la playa del Perelló actualmente ya no existe, por lo que es muy probable que el temporal Gloria arrasara con esta. En el caso de la pradera C, la zona de la pradera más cercana a costa que ha desaparecido también podría haberse visto afectada por las olas provenientes de temporales como el temporal Gloria.

A parte de las afecciones provocadas por el temporal Gloria, la forma con la que se realizó el estudio cartográfico de las praderas en 2007 puede tener algunas deficiencias. Se utilizó un método de acústica activa para detectar las praderas, lo cual puede no ser un método totalmente adecuado para ello, ya que la capacidad de detección que puede tener la sonda para praderas de baja densidad puede ser baja.

Otros estudios relacionados con la densidad de las praderas de *Cymodocea nodosa*, establecen densidades mucho mayores a las obtenidas en nuestro estudio. Las praderas de Menorca, en las cuales se han podido registrar densidades que superan los 2000 haces/m² (Fábregas, 2007); en Tabarca con densidades de hasta 1800 haces/m²; o en la playa de la Albufereta (Alicante), con máximas de 1008 haces/m² y mínimas de 632 haces/m² (Gran García, 2018). Frente a nuestros transectos, con densidades de haces que van entre los 47 y los 150 haces/m², lo que podríamos considerar densidades bajas.

Por esta razón, es recomendable realizar una replantación, no en zonas donde ya no se encuentra esta planta, sino en las praderas asentadas que tienen baja densidad. Una forma eficaz y eficiente de realizar estas replantaciones sería recogiendo los restos de pradera que llegan a las costas después de temporales y utilizarlos para realizar las replantaciones con los propios restos. Su crecimiento en red ayudaría a asentar todavía más la pradera ya existente y aumentar su densidad, haciendo que esta sea más resistente a temporales venideros.

Además de las replantaciones, es necesario asegurar un seguimiento del estado de las praderas y la actualización de la cartografía. Así se podrá comprender mejor cómo los temporales afectan al crecimiento y mantenimiento de las praderas, además de asegurar una gestión adecuada del uso de nuestra costa, que preserve las praderas y el buen funcionamiento de las actividades antrópicas.

CONCLUSIONES

Como conclusión, es necesaria la actualización de la cartografía por las discordancias que se han observado durante el estudio, que se pueden dividir en tres:

- Zonas en las que en la cartografía de 2007 figuraba una pradera de *Cymodocea nodosa* pero actualmente ya no existen dichas praderas.
- Zonas en las que la cartografía de 2007 figuraba un límite de las praderas de la fanerógama pero actualmente es diferente al ser mayor o menor.
- Zonas en las que la cartografía de 2007 no contemplaba la presencia de ninguna pradera pero que actualmente se ha podido comprobar la existencia de tal.

Es notable que las praderas de *Cymodocea nodosa* que se encuentran en la zona de estudio están deterioradas. Para asegurar una buena preservación de nuestras praderas es necesaria la actualización de los datos cartográficos y la realización de labores de replantación en las praderas actuales.

El buen trabajo de todos los sectores responsables de las zonas de costa provocará una buena coordinación para la gestión óptima de los hábitats de interés para la preservación, y evitará errores en las tomas de decisiones de la administración.

Agradecimientos

Agradecer a todas las personas que nos acompañaron a realizar las inmersiones, y a la Universitat Politècnica de València por concedernos los materiales necesarios para realizar este estudio.

REFERENCIAS

- Augier, H. (2010). Guide des fonds marins de Méditerranée.
- Bonvehí, J. R., Sánchez-Montahud, J. R., Hidalgo, J. C. G., Segarra, J. C., & de Luis Arrillaga, M. (1998). Estudio espacial y temporal de las tendencias de la lluvia en la Comunidad Valenciana (1961-1990). Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters, (24), 7-24.
- Buchanan, J. B., 1984. Sediment análisis. In Holme, N. A. & A. D. McIntyre (eds), Methods for the Study of Marine Benthos, 2nd edn. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 41 – 64.

- Cabezas-Rabadán, C., Pardo-Pascual J. E., Almonacid-Caballer J., Palomar-Vázquez J., Fernández-Sarría A. (2019): “Monitorización de la respuesta de playas mediterráneas a temporales y actuaciones antrópicas mediante imágenes Landsat”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 23, p. 119-139.
- Cullen-Unsworth, L., & Unsworth, R. (2013). Seagrass meadows, ecosystem services, and sustainability. *Environment: Science and policy for sustainable development*, 55(3), 14- 28.
- Delbono, I., Bianchi, C. N., Morri, C., & Peirano, A. (2003). Influenza della tessitura dei sedimenti e dei fenomeni erosivi nella distribuzione del prato di *Cymodocea nodosa* nel tratto di litorale compreso fra Chiavari e Sestri Levante. Studi per la creazione di strumenti di gestione costiera: Golfo del Tigullio. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia—Ministero Ambiente e Tutela del Territorio, 121-129.
- Fàbregas, C. P. (2007). Estudio del estado de conservación de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson en Menorca.
- González-Hidalgo, J. C. (1996). Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo (p. 37). Sociedad Española de Geomorfología.
- Gran García, A. (2018). Estudio de la reproducción en praderas de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson mediante la producción de semillas.
- IPCC (1995). Intergovernmental panel on climate change-IPCC 1995. Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report.
- La Vanguardia Redacción Valencia (2020). Impactantes imágenes del paso de la borrasca “Gloria” por las playas de Valencia. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/participacion/las-fotos-de-los-lectores/20200122/473072751118/desperfectos-catastrofe-medioambiental-borrascatemporal-gloria-valencia.html>
- Oria Iriarte, P. (2021). ¿Ha sido Gloria la mayor borrasca mediterránea de los últimos tiempos?
- Pardo-Pascual, J.E., Almonacid-Caballer, J., Ruiz, L.A., Palomar-Vázquez, J., Rodrigo-Aleman, R. (2014). “Evaluation of storm impact on sandy beaches of the Gulf of Valencia using Landsat imagery series”. *Geomorphology* 214, 388–401.
- Pascual, J. E. P., Rabadán, C. C., & Vázquez, J. P. (2021). Anàlisi dels canvis morfològics del cordó dunar i les platges de la devesa del Saler a conseqüència del temporal Glòria. In A Vicenç M. Rosselló, geògraf, als seus 90 anys (pp. 393-418). Universitat de València.
- Pérez Cueva, A. J. (1994). Atlas climático de la Comunidad Valenciana. Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, Valencia.
- Rubio Astorga, I. (2017). Patrones de distribución de las comunidades de invertebrados bentónicos asociados a praderas de *Cymodocea nodosa*.
- Ruiz, J. M., Guillén, J. E., Ramos Segura, A., & Otero, M. M. (2015). Atlas de las praderas marinas de España. Madrid: Instituto Español de Oceanografía.
- Tuya, F. (2013). Praderas de la fanerógama *Cymodocea nodosa* en Canarias: importancia, tendencias e impactos.

- Uscuplic Saravanja, M. (2021). El temporal Gloria: caracterització i impactes costaners (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), 377-392.



Arrecifes mediterráneos de algas calcáreas esciáfilas: efecto del cambio climático

Mediterranean reefs of sciaphilic calcareous algae: effect of climate change

Elena Rodríguez-López¹, Maritxell Maimi-Checa^{2,3},
Carles Toran², Blanca Feliu^{1,3}, Miguel Rodilla¹

¹ Institut d'Investigació per a la Gestió Integrada de Zones Costaneres, Universitat Politècnica de València, C/Paranimf, 1, 46730, Valencia, Spain,

² MEMIC, Universitat Politècnica de València, C/Paranimf, 1, 46730, Valencia, Spain,

³ Asociación Eucrante, 46702, Gandia, Spain.

Elena Rodríguez-López   elrodlo2@alumni.upv.es

RESUMEN | Los fondos de sustratos móviles, sedimentarios, que ocupan la mayor parte de las zonas someras del Golfo de Valencia, no destacan por presentar una elevada biodiversidad. Sin embargo, en algunas zonas podemos encontrar arrecifes de algas calcáreas esciáfilas, conocidos como coralígeno. Son pocos los estudios que existen sobre estas formaciones que podemos encontrar en el Mar Mediterráneo y, menos aún, en las costas de la Comunidad Valenciana. Se realizó un amplio análisis de la biodiversidad que albergan las formaciones de coralígeno del Golfo sur de Valencia, concretamente en dos formaciones: La Vinyeta (zona somera) y, Roca de Tavernes (zona profunda). Se estudió, en ambas formaciones, cómo afecta la profundidad tanto a la biodiversidad como a su morfología. Los resultados mostraron diferencias batimétricas en los arrecifes de coralígeno, siendo más complejos a medida que aumenta la profundidad. También se ha detectado un proceso de enterramiento de las formaciones que aumenta de norte a sur vinculado a temporales extremos, y afecciones a los organismos debidos a incrementos de temperatura.

Palabras clave |

arrecifes mediterráneos,
coralígeno,
algas calcáreas,
cambio climático.

ABSTRACT | The bottoms of mobile, sedimentary, substrates, which occupy most of the shallow areas of the Gulf of Valencia, do not stand out for presenting a high biodiversity. However, in some areas we can find reefs of sciaphilic calcareous algae, called coralligenous. Few studies exist about the ecology of these structures that we can find in the Mediterranean Sea and even less on the coasts of the Valencian Community. An extensive analysis of the biodiversity in the coralligenous formations of the southern Gulf of Valencia was carried out, specifically in two assemblages: La Vinyeta (shallow area) and Roca de Tavernes (deep area). In both assemblages, it was studied how depth affects to the biodiversity and morphology. The results showed bathymetric differences in the coralligenous reefs, being more complex as the depth increases. Also, a process of burial of the assemblages has been detected which increases from north to south bound to extreme storms, and diseases on organisms due to temperature rise.

Keywords | mediterranean reefs, coralligenous, calcareous algae, climate change..

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Valencia, perteneciente al Mediterráneo occidental, comprende una línea de costa de aproximadamente 440 km que abarca desde el cabo de Tortosa (Tarragona), donde se encuentra el Delta del Ebro, al norte, hasta el cabo de la Nao (Alicante), al sur.

Su costa se caracteriza por sus amplias playas de arena, muy frecuentada por el turismo y en muchos casos, sobrepoblada. Además, en él se encuentran puertos comerciales muy importantes como el de Valencia o Sagunto. Precisamente, la zona no destaca por su biodiversidad, ya que sus fondos son típicamente arenosos e incluso fangosos, sin embargo, entre estas grandes extensiones de arena aparecen unos afloramientos muy complejos, se trata de arrecifes de algas calcáreas esciáfilas, conocidos como coralígeno de plataforma.

El coralígeno es una biocenosis compuesta por algas rojas calcáreas del orden Corallinales que crecen en ambientes de escasa luminosidad o esciáfilos, siendo este el factor ambiental más importante para su desarrollo y distribución. Por ello, es que estas formaciones predominan en el circalitoral, aunque también se encuentran en el infralitoral abarcando un amplio rango batimétrico, desde los 20 m hasta los 120 m de profundidad (Ballesteros, 2006). Existen dos tipos de coralígeno según su morfología: 1) banco, cuya estructura es plana con un espesor de 0,5 a 4 m, constituidas sobre sustratos horizontales, y 2) borde, cuya estructura es vertical y generalmente se encuentran a menos profundidad. Puesto que el factor para distinguir entre ambos morfotipos es la geometría del sustrato, vertical u horizontal, todas las formaciones que se encuentran en la plataforma continental entran en la definición de coralígeno de banco, por lo que, comúnmente es

denominado coralígeno de plataforma, mientras que el coralígeno de borde es más conocido con el nombre de coralígeno de pared o acantilado. Diversos autores hacen una clasificación del coralígeno de plataforma según su morfología, pudiendo encontrar coralígeno en bloques, cabezas, bancos, parches, montículos, columnas o crestas (Bracchi *et al.*, 2017).

Las formaciones de coralígeno de plataforma halladas en el Golfo de Valencia tienen un rango batimétrico desde 11 hasta 39 m, todas ellas con numerosos recovecos y algunas llegan a alcanzar hasta los 4 m de altura, diferenciándose la parte superficial de la formación de la parte con más pendiente, a la que hemos llamado borde (Figura 1).

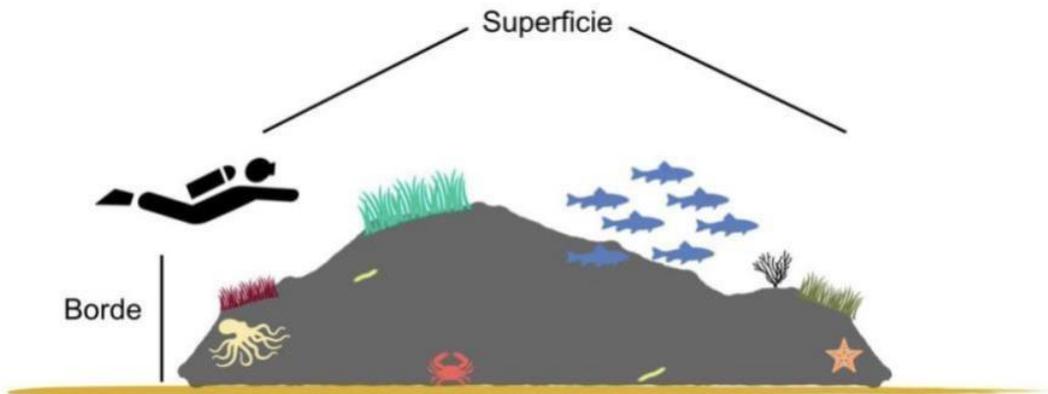


Figura 1. Esquema ilustrativo del coralígeno de plataforma del Golfo de Valencia.

Junto con las praderas de *Posidonia oceánica* es uno de los ecosistemas más importantes del Mar Mediterráneo, con elevado valor ecológico y económico, albergando especies protegidas, estando incluidos dentro del tipo hábitat 1170: Arrecifes, por la Directiva Hábitats (European council, 1992). Muchos autores datan a estas estructuras del Holoceno, por lo que, debido a su lento crecimiento, pueden tener millones de años (Bracchi *et al.*, 2019; Tosi *et al.*, 2017; Ingresso *et al.*, 2019). Sin embargo, a pesar de todo esto, la falta de información de estas comunidades a pequeña escala dificulta su protección, viéndose finalmente desprotegidos.

Una de las principales amenazas del coralígeno es el cambio climático, alterando el ecosistema, ya que perturba la ecología y biología de sus organismos. Además, los efectos del cambio climático son cada vez más frecuentes y con mayor magnitud. Entre estos efectos, destaca el aumento de la temperatura del agua, la acidificación y los eventos meteorológicos extremos.

Los objetivos de este estudio son:

- Caracterizar ambas formaciones de coralígeno.
- Comprobar si hay diferencias entre superficie y borde de las formaciones.
- Determinar cómo influye la batimetría en ambas formaciones.
- Estudiar los posibles efectos del cambio climático presentes en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con ayuda de la ecocartografía de comunidades marinas realizada por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar entre los años 2006 y 2007, se realizó una prospección de la zona sur del Golfo de Valencia (Figura 2), entre las costas de Tavernes de la Vallidigna y Gandía, donde se encontraron dos formaciones de coralígeno, conocidas por los pescadores de la zona como: La Vinyeta, formación somera entre 11 y 23 m de profundidad, con un posible origen en una línea de costa fósil, y, Roca de Tavernes, formación profunda entre 23 y 39 m de profundidad, cuyo origen podría ser una antigua pradera de *Posidonia oceánica*.

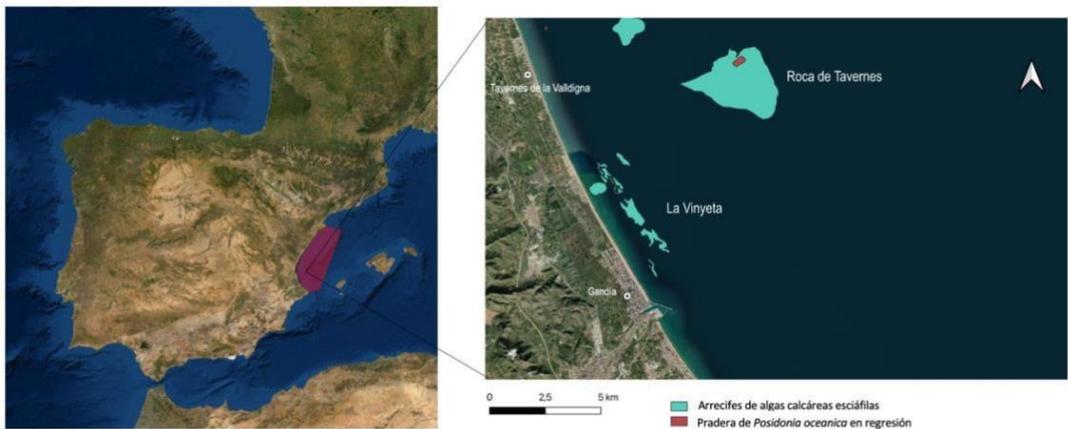


Figura 2. Localización de la zona de estudio.

Se realizaron un total de 31 inmersiones con escafandra autónoma llevadas a cabo por un equipo de buzos de la Universitat Politècnica de València durante los años 2019-2022.

En el estudio se llevó a cabo una combinación de técnicas de prospección para caracterizar ambas formaciones, estudiando su morfología, temperatura (tanto en superficie como en el fondo), batimetría y distribución. Se realizaron transectos de 20 m donde cada 5 m se usó un cuadrado de 20x20 cm para obtener datos de cobertura algal, esponjas y briozoos tanto en el borde como en la

superficie de las formaciones. Para estimar la densidad de gorgonias, concretamente la especie *Eunicella singularis* por ser la más común en ambas formaciones, se usó una cinta métrica para calcular la distancia entre individuos de una misma área. Esta técnica sólo se llevó a cabo en la superficie de las formaciones. Por último, la cartografía de los bordes se realizó con una boya que incluía un GPS y que era mantenida en la vertical por el buzo que recorría el borde de la formación de coralígeno.

RESULTADOS

Tipos de coralígeno según morfología

Durante las inmersiones, se observó que ambas formaciones eran bastantes heterogéneas entre sí, variando de altura y morfología durante toda su extensión. Por lo que fue imprescindible la descripción, según su morfología, de los distintos tipos de fondos de coralígeno encontrados en la zona de estudio. Estos conceptos pretenden hacer entender con mayor facilidad la complejidad de estos fondos marinos a los diferentes públicos.

- Coralígeno en montículos. Se trata de pequeñas elevaciones con una altura máxima de 1 m, más o menos aisladas entre sí.
- Coralígeno en pared. Se encuentra en los bordes de la plataforma. Se trata de un coralígeno vertical, compacto, con una altura de hasta 2 m.
- Coralígeno tipo cornisa. Se trata de un coralígeno muy complejo, ya que posee muchas oquedades. Su altura varía, llegando a alcanzar los 4 m.
- Coralígeno en llanura. Grandes extensiones con escasas oquedades, prácticamente compacto y de no más de 1 m de altura.

Caracterización de la zona de estudio

Se identificó un total de 99 especies de algas, esponjas y briozoos (Figura 3). Además, hay presencia de fanerógamas marinas como *Posidonia oceanica*, distribuida en pequeñas matas disparejas en la Roca de Tavernes, encontrándonos ante un coralígeno híbrido, mientras que en La Vinyeta sólo se encontró restos de matas muertas.

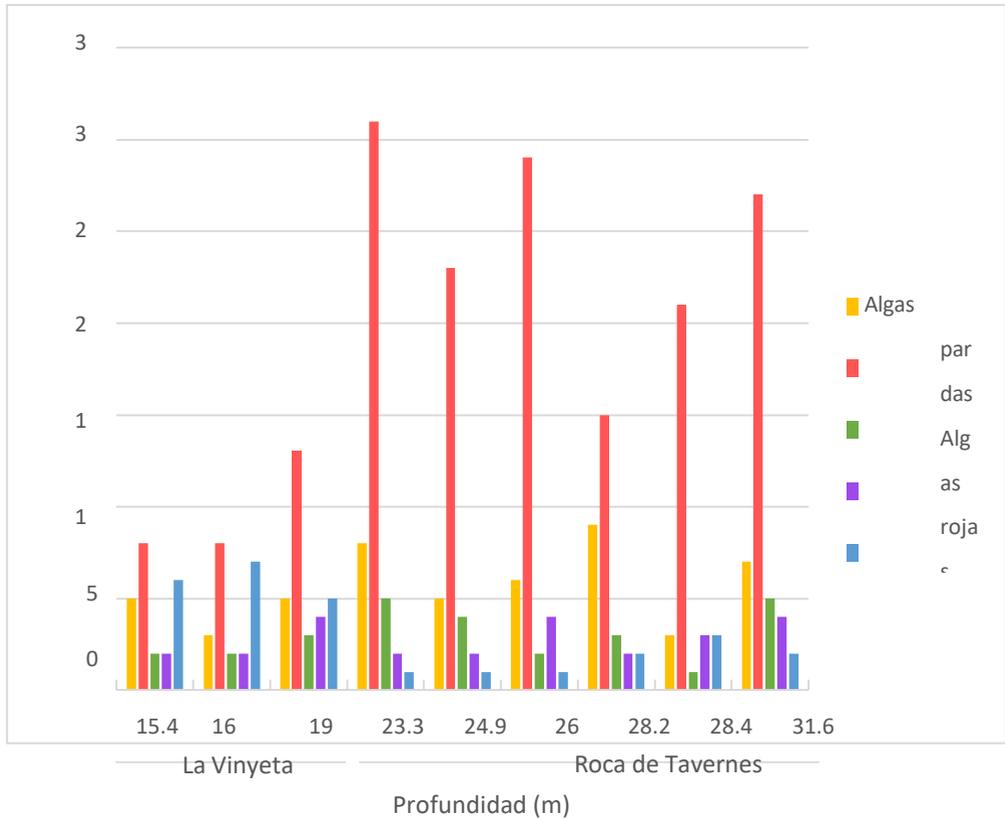


Figura 3. Riqueza de especies de la zona de estudio.

Cobertura algal

Las algas son dominantes en estas formaciones, siendo las algas rojas las más abundantes en ambas formaciones (53 spp.), seguidas de las algas pardas (15 spp.) y las algas verdes (10 spp.). Entre las algas rojas bioconstructoras más abundantes se encontraron *Lithophyllum stictaeforme*, *Mesophyllum alternans*, *Mesophyllum expansum*, *Neogoniolithon mamillosum* y *Peyssonnelia* spp.

Destaca la presencia de *Acinetospora crinita*, alga parda filamentosa que se mostró muy abundante, sobre todo en la Roca de Tavernes, formando una capa mucílago que recubría la superficie del coralígeno; y las algas invasoras *Womersleyella setacea* y *Lophocladia lallemandii*, notablemente más abundantes en La Vinyeta, llegando a alcanzar coberturas de hasta el 83% en algunos puntos (Figura 4).

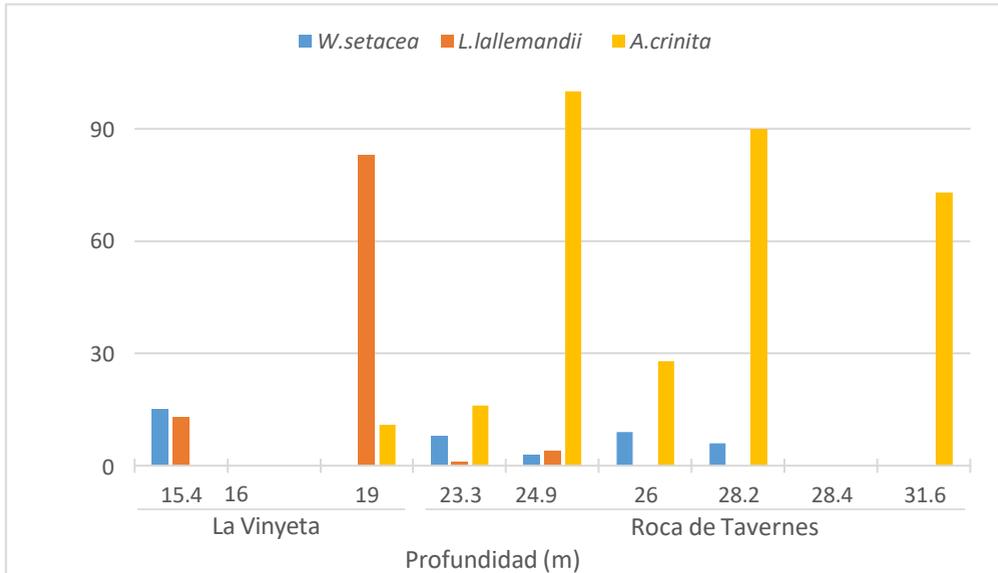


Figura 4. Cobertura de especies de algas destacables.

Cobertura de esponjas

Se identificaron 9 especies, 5 de ellas incrustantes (*P. tenacior*, *S. cunctatrix*, *R. aculeata*, *C. crambre*, *F. cavernosa*), 2 arbustivas (*A. verrucosa*, *A. damicornis*) y 2 masivas (*O. lobularis*, *C. reniformis*). Siendo la más abundante *Spirastrella cunctatrix*, presente en todos los muestreos, seguida de *Phorbis tenacior*. Se observó diferencias batimétricas, con coberturas mayores a medida que aumenta la profundidad.

Cobertura de briozoos

Cabe destacar que la mayoría de los organismos mostraban síntomas de degradación y enfermedad. Fueron descritas 12 especies de briozoos, siendo la más común *Myriapora truncata*. En general, la zona de La Vinyeta muestra una mayor cobertura y riqueza de briozoos con respecto a la Roca de Tavernes.

Densidad estimada de *E. singularis*

A pesar de su amplia distribución batimétrica, se observó mayor número de individuos a los 16 y 26 m. En cuanto a su tamaño, muestra patrones de poblaciones con gran proporción de

individuos pequeños (<10 cm) en La Vinyeta, mientras que en la Roca de Tavernes disminuye su densidad, pero los individuos muestran un tamaño mayor (10-20 cm).

Cartografía del borde exterior de La Vinyeta

La cartografía se realizó en el borde exterior de La Vinyeta, pues al ser la zona más somera, facilita el número y tiempo de inmersiones llevadas a cabo por el equipo de buzos. El borde poseía un sedimento biogénico, coralígeno erosionado. Un dato a tener en cuenta es que, a medida que la cartografía se aproximaba al norte, la profundidad era menor. Además, en esta zona norte se evidenciaron zonas enterradas por sedimento.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico para comprobar si existían diferencias entre ambas formaciones. Un análisis cluster o de conglomerados (Figura 5), donde los distintos muestreos han sido agrupados por el método de Ward y la métrica de distancia del bloque habitacional. Los resultados muestran diferencias significativas entre las dos formaciones de coralígeno de plataforma. Por un lado, agrupa los muestreos realizados en La Vinyeta (muestreos 1-3) en un mismo conglomerado no habiendo diferencias significativas entre los muestreos realizados en la superficie con los realizados en el borde. Y, por otro lado, los muestreos realizados en la Roca de Tavernes (4-9), donde los divide en dos conglomerados distintos, separando del resto los muestreos aquellos donde se encontró *P.oceanica* (muestreos 4 y 6), en este caso tampoco existen diferencias significativas entre el borde y la superficie.

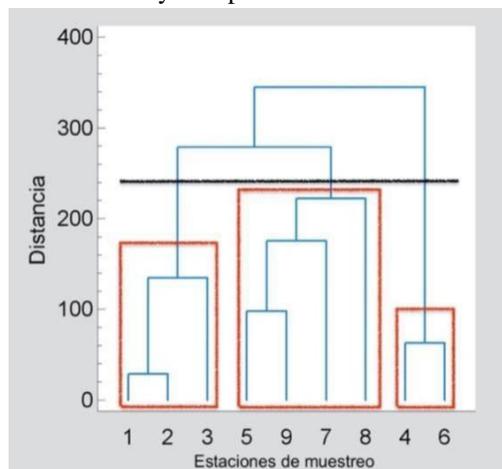


Figura 5. Dendrograma. Método de Ward, Bloque Habitacional.

DISCUSIÓN

Las algas rojas son más abundantes a medida que aumenta la profundidad, mientras la abundancia de algas pardas y verdes se mantiene constante. Esta diferencia se debe principalmente a que el crecimiento de las algas rojas se ve favorecido en ambientes de escasa luminosidad o esciáfilos. En lo que a riqueza algal se refiere, no se aprecian diferencias entre borde y superficie de ambas formaciones. Esto puede ser debido a que los bordes no están del todo definidos, necesitando una cartografía a pequeña escala de cada formación para poder realizar un mayor número de muestreos.

La abundancia de algas invasoras es mayor en La Vinyeta donde su crecimiento es desmesurado. Estas especies tienen patrones de crecimiento, con picos durante los meses de verano y otoño e inhibiciones durante el invierno, asociados a su origen tropical (Cebrian *et al.*, 2010). Ese aumento desmesurado de cobertura registrado se puede atribuir a factores abióticos como temperatura, luminosidad, sedimentación o hidrodinamismo (Cebrian *et al.*, 2010) o a factores bióticos como ausencia de depredación o competencia (Tomas *et al.*, 2011).

Por otro lado, el alga filamentosa *A. crinita* es más abundante en la Roca de Tavernes, con un claro desarrollo estacional, alcanzando su desarrollo máximo a finales de verano, además, su crecimiento se ve incrementado por el aumento de la temperatura (Schiaparelli *et al.*, 2007). Es un alga con un amplio rango batimétrico, aunque suele desarrollarse por debajo de la termoclina (Sartoni *et al.*, 2008). En este caso, su presencia es muy llamativa, pues forma una gruesa capa de mucílago que recubre toda la superficie del coralígeno, afectando a organismos fotosintéticos y provocando necrosis en especies bentónicas y blanqueamiento en algas calcáreas y briozoos.

En las esponjas se observó diferencias batimétricas, aumentando la cobertura a mayor profundidad. Esta diferencia puede deberse a que en las zonas someras las condiciones de luz son mejores y proliferan algas frondosas que compiten por la ocupación de superficie (Bertolino *et al.*, 2014). Otra explicación puede ser una muerte masiva ocasionada por el aumento de la temperatura en verano, que provocan la aparición de patógenos y necrosis en estos organismos (Garrabou *et al.*, 2009).

Los briozoos son muy abundantes en el coralígeno, se estima que existan alrededor de 170 especies distintas de briozoos (Ballesteros, 2006). En general, la zona de estudio se muestra pobre en diversidad de briozoos, puesto que son individuos muy vulnerables a los impactos antropogénicos como la pesca o el turismo, afectando al tamaño y distribución. Por otro lado, la morfología del coralígeno afecta también a la presencia y al tamaño de las colonias de briozoos, como organismos suspensívoros, se benefician tanto de las corrientes como de la ausencia de otros

organismos suspensívoros mayores (Casoli *et al.*, 2020), por lo que la distribución de estos organismos puede verse favorecida en un coralígeno en montículos donde el flujo es mayor, como ocurre en La Vinyeta, donde, la pesca de palangre, muy común en la zona de estudio, no tiene grandes impactos ya que se trata de una zona que apenas alcanza los 20 m de profundidad. Además, las especies menos sensibles compiten con las más sensibles, reemplazándolas, incrementando de esta manera su cobertura en el coralígeno, pero disminuyendo el nivel de biodiversidad (Appolloni *et al.*, 2020). En una clasificación según la sensibilidad a los efectos antrópicos, realizada por Casoli *et al.* en 2020, fué *Myriapora truncata* la especie menos sensible, de ahí que sea la más abundante en la zona de estudio, seguida de *Reteporella* spp. con una tolerancia media, mientras que *Adeonella calveti* y *Pentapora fascialis* muestran un grado muy alto de sensibilidad.

La especie de gorgonia *E. singularis* tiene una amplia distribución batimétrica desde 6 hasta 67 m (Gori *et al.*, 2011), su densidad suele ser mayor entre 9 y 20 m de profundidad a partir de la cual va disminuyendo progresivamente (Coma *et al.*, 2006). En cuanto a su distribución, al ser organismos suspensívoros, ocurre igual que los briozoos, se ve influenciada por la posición geográfica de las formaciones, por lo que serán más frecuentes donde el flujo de nutrientes sea mayor, siendo los patrones hidrodinámicos claves para su distribución, pues se han encontrado grandes densidades de individuos de gorgonias en aquellas áreas expuestas a fuertes corrientes y elevadas concentraciones de partículas orgánicas en suspensión, además, la topografía tiene influencia en los patrones de corriente y en consecuencia, en el suministro de alimento (Gori *et al.*, 2011). La morfología de coralígeno tipo montículo es la que más está expuesta a las corrientes, de manera que estos organismos aprovechan al máximo la disponibilidad de alimento. Esta morfología es más abundante en La Vinyeta, donde la densidad de gorgonias y cobertura de briozoos ha sido mayor.

Por último, el análisis estadístico realizado muestra diferencias significativas entre ambas formaciones, siendo La Vinyeta un coralígeno somero, donde predomina la deposición de sedimentos y una morfología en montículos, y la Roca de Tavernes un coralígeno profundo más heterogéneo y complejo.

Consecuencias del cambio climático

El incremento de la temperatura y sus consecuentes olas de calor durante el verano han provocado en la zona de estudio un aumento desmesurado de la cobertura de algas invasoras y algas filamentosas que recubren el coralígeno ocasionando necrosis y blanqueamiento de organismos (Figura 6), además de la aparición de patógenos que producen episodios de muertes masivas de especies bentónicas como esponjas y gorgonias.

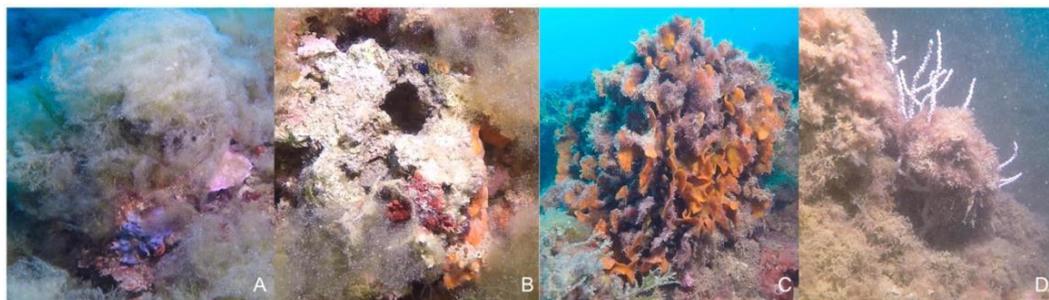


Figura 6. Consecuencias del aumento de la temperatura en el coralígeno. Aumento de la cobertura de algas filamentosas (A) que provocan blanqueamiento y necrosis (B) y de algas invasoras que recubren los organismos sésiles (C y D).

Por otro lado, los eventos meteorológicos extremos son cada vez más frecuentes y con una magnitud mayor. El enterramiento de las formaciones (Figura 7) se puede atribuir a un enterramiento por transporte de sedimento, provocado principalmente por el oleaje intenso inducido por tormentas extremas, como la borrasca Gloria ocurrida en enero de 2020 donde la altura de la ola llegó a alcanzar 8,75 m en un punto muy cercano a la zona de estudio (datos proporcionados por Puertos del Estado).

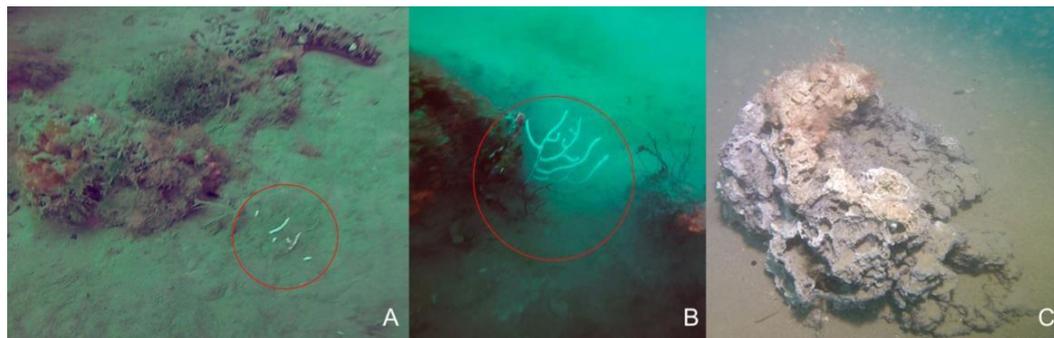


Figura 7. (A) Enterramiento de ejemplar de *Eunicella singularis* y (B) desenterramiento del mismo ejemplar, donde se observa la parte enterrada necrosada. (C) Montículo de coralígeno desenterrado y sin vida.

CONCLUSIONES

- Las algas rojas son las principales componentes del coralígeno.
- En la zona de estudio hay presentes dos especies de algas invasoras: *L. lallemandii* y *W. setacea*, especialmente abundantes en La Vinyeta.
- Los muestreos donde se encontró *P. oceanica* son los que poseen más riqueza y biodiversidad de especies.
- No existen diferencias entre el borde y la superficie de ambas formaciones de coralígeno.
- La Vinyeta tiene una mayor cobertura de *Peyssonnelia* spp. debido a que se trata de una zona próxima a la costa con elevada deposición de sedimento, ambiente característico de esta alga.
- La cobertura de esponjas es mayor en La Vinyeta, donde predomina la formación de coralígeno en montículos.
- La cobertura de esponjas aumenta a medida que aumenta la profundidad.
- La batimetría afecta a los patrones espaciales de las comunidades, aumentando su complejidad y su riqueza. A profundidades menores, las condiciones de luz son mejores, favoreciendo el crecimiento de ciertas algas, disminuyendo la complejidad de la estructura y la diversidad de especies. Mientras que, a profundidades mayores, debido a la escasez de luz, algunas especies tienen un crecimiento más lento por lo que es más difícil encontrar competición entre especies.
- La morfología del coralígeno varía con la profundidad, siendo más compacto y heterogéneo a mayor profundidad, coexistiendo con distintos tipos de ecosistemas (p.ej.: coralígeno y praderas de fanerógamas, muchos autores lo denominan coralígeno híbrido).
- La densidad y distribución de *Eunicella singularis* no tiene diferencias batimétricas, sino que está relacionada con las corrientes y el aporte de alimento.
- La cartografía de las formaciones debería actualizarse para detectar cambios severos debidos al enterramiento y muerte de los organismos.

- La Vinyeta, al ser más somera, está más expuesta a los daños ocasionados por el cambio climático, sobre todo a la sedimentación e hidrodinamismo relacionado directamente con las olas de tormenta y el aumento de la temperatura. Mientras que la Roca de Tavernes únicamente se ve afectada por el aumento de la temperatura.

Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a Luis Nieto, Ángel Schlegel y Alberto Gil-Fernández por su colaboración en las tareas de toma de muestras en inmersión con escafandra autónoma.

REFERENCIAS

- Appolloni, L., Ferrigno, F., Russo, G. F., & Sandulli, R. (2020). β -Diversity of morphological groups as indicator of coralligenous community quality status. *Ecological Indicators*, 109, 105840.
- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44: 123-195.
- Bertolino, M., Calcinaï, B., Cattaneo-Vietti, R. et al. (2014). Stability of the sponge assemblage of Mediterranean coralligenous concretions along a millennial time span. *Marine Ecology*, 35(2), 149-158.
- Bracchi, V., Basso, D., Marchese, F., Corselli, C., & Savini, A. (2017). Coralligenous morphotypes on subhorizontal substrate: A new categorization. *Continental Shelf Research*, 144: 10-20.
- Bracchi, V., Basso, D., Savini, A., & Corselli, C. (2019). Algal reefs (Coralligenous) from glacial stages: Origin and nature of a submerged tabular relief (Hyblean Plateau, Italy). *Marine Geology*, 411: 119-132.
- Casoli, E., Piazzì, L., Nicoletti, L., Jona-Lasinio, G., Cecchi, E., Mancini, G., Belluscio, A. & Ardizzone, G. (2020). Ecology, distribution and demography of erect bryozoans in Mediterranean coralligenous reefs. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 235, 106573.
- Cebrian, E., & Ballesteros, E. (2010). Invasion of Mediterranean benthic assemblages by red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz: depth-related temporal variability in biomass and phenology. *Aquatic botany*, 92(2), 81-85.
- Coma, R., Linares, C., Ribes, M., Diaz, D., Garrabou, J., & Ballesteros, E. (2006). Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 327, 51-60.

- European Council, 1992. Council Directive 92/43/EEC (Habitat Directive) of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal of the European Union, 206: 7-50.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Diaz, D., Harmelin, J.C., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B., Lejeune, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J.C., Serrano, E., Teixido, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. & Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global change biology*, 15(5), 1090-1103.
- Gori, A., Rossi, S., Berganzo, E., Pretus, J. L., Dale, M. R., & Gili, J. M. (2011). Spatial distribution patterns of the gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*, and *Leptogorgia sarmentosa* (Cape of Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Marine biology*, 158(1), 143-158.
- Ingrosso, G., De Leo, F., Frascchetti, S., & Boero F. (2019). Mediterranean bioconstructions: The case of Italy. Proceeding of the 3rd Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous and other Calcareous Bio- Concretions. Tunis: SPA/RAC, 15-20.
- Puertos del Estado. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agecda Urbana. Sitio web: <https://www.puertos.es>.
- Sartoni, G., Urbani, R., Sist, P., Berto, D., Nuccio, C., & Giani, M. (2008). Benthic mucilaginous aggregates in the Mediterranean Sea: Origin, chemical composition and polysaccharide characterization. *Marine Chemistry*, 111(3-4), 184-198.
- Schiaparelli, S., Castellano, M., Povero, P., Sartoni, G., & Cattaneo-Vietti, R. (2007). A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology*, 28(3), 341-353.
- Tomás, F., Cebrian, E., & Ballesteros, E. (2011). Differential herbivory of invasive algae by native fish in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(1), 27-34.
- Tosi, L., Zecchin, M., Franchi, F. et al. (2017). Paleochannel and beach-bar palimpsest topography as initial substrate for coralligenous buildups offshore Venice, Italy. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.

Biodiversidad acuática de un humedal costero: El Marjal Pego Oliva (Mediterráneo Occidental)

Aquatic biodiversity of a coastal wetland: El Marjal Pego Oliva (Western Mediterranean)

Keyla Eugenio^{1,2*}, Silvia Falco², Miguel Rodilla², Ana Cecilia Dufilho³

¹Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca, México,

²Universitat Politècnica de València, España,

³Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

Keyla Eugenio   keylaec@gmail.com

RESUMEN | El marjal Pego Oliva es un humedal costero que goza de protección ambiental y que alberga una rica biodiversidad acuática. Este trabajo plantea aumentar el conocimiento de la biodiversidad acuática y analizar la diversidad ecológica, a través de inventarios cuantitativos de la fauna, presente en los cursos de agua y zonas permanentemente inundadas que conforman este humedal costero. El ambiente que acumula la mayor riqueza, abundancia y equitabilidad fue la cabecera del río Bullent. Las zonas lénticas inundadas, por el contrario, presentaron los valores más bajos de riqueza y equitabilidad aunque la abundancia fue puntualmente muy elevada en invierno. Las perturbaciones tanto naturales como antrópicas producen una pérdida de hábitat que afectan marcadamente a la riqueza y diversidad de los sitios.

ABSTRACT | The Pego Oliva marsh is a coastal wetland that enjoys environmental protection and is home to a rich aquatic biodiversity. This work proposes to increase the knowledge of aquatic biodiversity and analyze ecological diversity, through quantitative inventories of the fauna, present in the watercourses and permanently flooded areas that make up this coastal wetland. The environment that accumulates the greatest wealth, abundance and equitability was the headwaters of the Bullent River. The flooded lentic areas, on the other hand, presented the lowest values of richness and equitability, although abundance was occasionally very high in winter. Both natural and anthropogenic disturbances produce a loss of habitat that markedly affects the richness and diversity of the sites.

Palabras clave |

Biodiversidad, humedales, invertebrados acuáticos, Marjal Pego Oliva.

Keywords |

Biodiversity, wetlands, aquatic invertebrates, Marjal Pego Oliva.

INTRODUCCIÓN

En España, durante el siglo pasado y, especialmente en la segunda mitad de éste, se produjo la desaparición de aproximadamente el 60 por ciento de la superficie ocupada por lagos y humedales (Borja *et al.*, 2011), principalmente por los cambios en los usos del suelo debido a la actividad agrícola, urbanización, alterando su régimen hídrico y sobreexplotando los acuíferos (Sebastiá-Frasquet *et al.*, 2014).

La actividad e injerencia humana en el marjal de Pego Oliva, ha sido constante, principalmente por su vocación agrícola y desarrollo económico, debido a que su explotación estuvo amparada y respaldada por la legislación española durante el siglo pasado.

Actualmente se han tratado de subsanar los daños, ocurridos en años anteriores, pero las características de la zona complican el proceso debido a que tanto contaminantes, como nutrientes; producto de la agricultura, turismo y vertidos de las urbes se almacenan en los cuerpos de agua y zonas más hundidas.

A la par también existen afectaciones a especies endémicas debido a la invasión de exóticas, las cuales al parecer han resultado más resistentes a las condiciones de estrés de la zona.

El Marjal de Pego Oliva es un humedal protegido por normas internacionales, es el segundo más importante de la Comunidad Valenciana (Vázquez-Roig *et al.*, 2012b), a partir de 1995, las mil 253 hectáreas que lo integran fueron declaradas Parque Natural, las cuales representan un enclave de biodiversidad para el funcionamiento correcto del sistema que forman los seres vivos y al que contribuyen para su supervivencia de manera equilibrada.

Este humedal está conectado con el medio marino a través de los de los ríos Bullent y Racons, aunque también contribuyen a éste, la precipitación directa del agua de lluvia y los aportes hídricos del acuífero infrayacente sobre el que se asienta (Ballesteros *et al.*, 2009).

Al ser zona de transición (terrestre y marina), el Marjal de Pego Oliva, cuenta con una amplia biodiversidad dentro y fuera de los cuerpos de agua, con especies endémicas, migratorias, asimismo con extensiones de terrenos fértiles y con altos contenidos de nutrientes, lo que permite el intercambio de materia y energía.

Los humedales son reguladores de clima, recargan acuíferos, depuran el agua, regulan la erosión del suelo, retienen el agua, mantienen ciclos biogeoquímicos, propician la formación de suelos,

abastecimiento de comida y fibras, abastecimiento de agua dulce, uso agrícola, recreativo, educativo, y estético entre otros (Mitra *et al.*, 2005; Borja *et al.*, 2011; Mitsch *et al.*, 2013; Sanjaume *et al.*, 2019).

La gran fragilidad de los ecosistemas asociados a los humedales, muy sensibles a cualquier mal uso o actuación inadecuada, es una de las causas por las que se generan y agudizan los problemas al provocarse alteraciones muy rápidas en su dinámica natural (Ballesteros *et al.*, 2009).

Si bien es cierto, que las autoridades han generado medidas para conservar la zona, es importante no perder de vista la creciente actividad turística, cuya incidencia ha motivado el cuidado del Marjal, pero también podría convertirse en la principal causa de su deterioro, pues la sola presencia de visitantes genera impacto, a la par de la introducción de especies domésticas y exóticas, que se convierten en invasoras y generan alteraciones en la vegetación.

Además, el cambio climático a nivel global también genera variaciones de temperatura, alteraciones en los patrones de precipitación, exposición a tormentas y fenómenos severos de clima, aumento del nivel del mar, así como sequías y descensos de los niveles de agua, alteración en los niveles de salinidad y desbalance hídrico, sólo por mencionar algunos. Todo ello causando sensibles impactos en las funciones ecológicas, químicas y físicas del humedal (Moya *et al.*, 2005).

Por ello la importancia de generar un diagnóstico constante y permanente de las condiciones en las que se encuentra el marjal de Pego Oliva, para establecer acciones encaminadas a prevenir riesgos a corto, mediano y largo plazo, pues además de la biodiversidad que depende del marjal, es un ecosistema necesario para reducir los niveles de contaminación y el impacto del cambio climático.

Asimismo, no hay que dejar de lado otras fuentes de contaminación como la presencia de productos farmacéuticos y drogas ilícitas en el medio ambiente, lo cual no se limita sólo a un problema ecológico, ya que la contaminación también afecta el agua potable, siendo un riesgo potencial para la salud humana (Vázquez-Roig *et al.*, 2012a, 2012b).

Como antecedente del Marjal, el agua también se utilizó para el cultivo de cítricos, además de que algunos espacios se desecaron para el desarrollo de la industria. Así como a la utilidad de sus recursos naturales. Gracias al apoyo que proporcionaba la Ley Cambó de 1918 se llega al máximo esplendor del cultivo del arroz en 1950, con una superficie superior a las 1.000 ha (Obartí, 2003).

En los últimos años la sociedad percibe a los humedales de manera muy diferente a hace 50 años. A pesar del cambio de mentalidad experimentado por la sociedad y el desarrollo de un

importante conjunto de leyes y normativas encaminadas a su salvaguarda a distintos niveles (comunitario, nacional, autonómico), los lagos y humedales españoles constituyen uno de los ecosistemas más amenazados (Borja, *et al.*, 2011).

Una característica común de estos humedales es su alto valor ecológico, dado que albergan flora y fauna específica, y generalmente son espacios extremadamente productivos. Por esta razón, todos están protegidos por la legislación e incluidos en el convenio Ramsar.

El objetivo principal de este trabajo fue analizar la diversidad del ecosistema acuático del Marjal de Pego Oliva, a través de datos cuantitativos de la fauna, asociada a los ríos y a las zonas permanentemente inundadas que conforman este humedal costero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Marjal de Pego Oliva, se trata de un sistema acuático palustre con redes de antiguas acequias y canales, situado en una zona elevada a pocos centímetros sobre el nivel del mar, lo que la hace un área hundida y pantanosa; que se encuentra situada entre las provincias de Valencia y Alicante. Con una extensión de 1290 hectáreas y rodeada por las sierras de Segaría, Mustalla y Migdia, forman una media luna abierta hacia el mar (Figura 1) (Ajuntament D´Oliva, 2019).

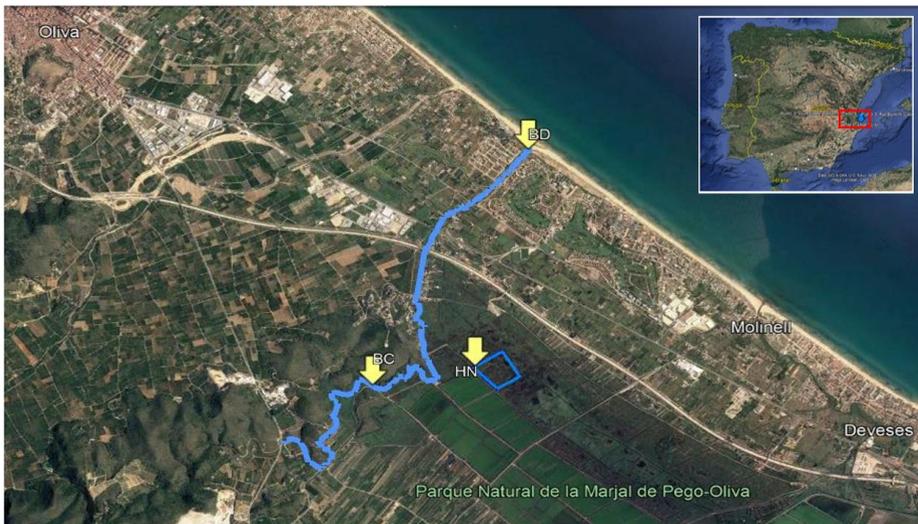


Figura 1. Zona de estudio y estaciones de muestreo del Marjal Pego Oliva, España.

En el Marjal se muestreo un sistema de tres sitios (figura 1), en el cual se designó como primer punto de muestreo el BC (Bullent cabecera), un cauce de agua corriente y ambiente lótico que alimenta parcialmente al segundo sitio de muestreo, denominado HN (Humedal norte) una zona inundada y estática de ambiente léntico que al mismo tiempo drena hacia el tercer sitio de muestreo, el BD (Bullent desembocadura) que es la parte final del primer sitio en el que desembocan las aguas del río Bullent hacia el mar Mediterráneo.

Se realizaron cuatro campañas de muestreo de manera trimestral, durante cada estación del año a lo largo de un ciclo anual, a partir de abril de 2019 (primavera), julio de 2019 (verano), noviembre de 2019 (otoño) y febrero de 2020 (invierno).

Toma de muestras

Se recogieron muestras de fauna cuantitativas mediante distintas técnicas de muestreo en función de las características de cada punto a muestrear. En todos los casos, el muestreo se realizó por triplicado.

Para las muestras de fauna acuática asociada a la vegetación, sumergida y emergente, se utilizó una red de mano, con luz de malla de 1 mm, que dispone de un aro cuadrangular (40 x 40 cm) que era deslizada, sobre la vegetación, a lo largo de 3 m permitiendo muestrear una superficie de 1,2 m².

Para la toma de muestras de fauna asociada al lecho, en función del tipo de sedimentos, se utilizaron distintos muestreadores. Para los sedimentos finos (arenosos y/o fangosos), las muestras fueron recogidas con una draga tipo Ponar que muestreaba un área de 0,06 m². En las zonas donde la velocidad de la corriente arrastraba las partículas finas dejando guijarros y cantos se utilizó una red surber que muestreaba una superficie de 0,09 m².

Todas las muestras fueron tamizadas con tamiz de 0,5 mm para retener la macrofauna. Antes de fijar las muestras, éstas se trataron con una solución de MgCl₂ al 7% (Davies *et al*, 2001). Esta solución actúa como anestésico y relajante muscular que facilita la posterior identificación debido a la expansión de los músculos. Finalmente fueron fijadas con formol al 5-10 % tamponado y no son apartadas de su conservación excepto para realizar las determinaciones correspondientes.

Para la determinación de los distintos géneros y especies de la macrofauna bentónica se utilizó lupas y microscopios y literatura especializada (Batzer y Boix, 2016; Batzer y Sharitz, 2014).

Análisis de datos

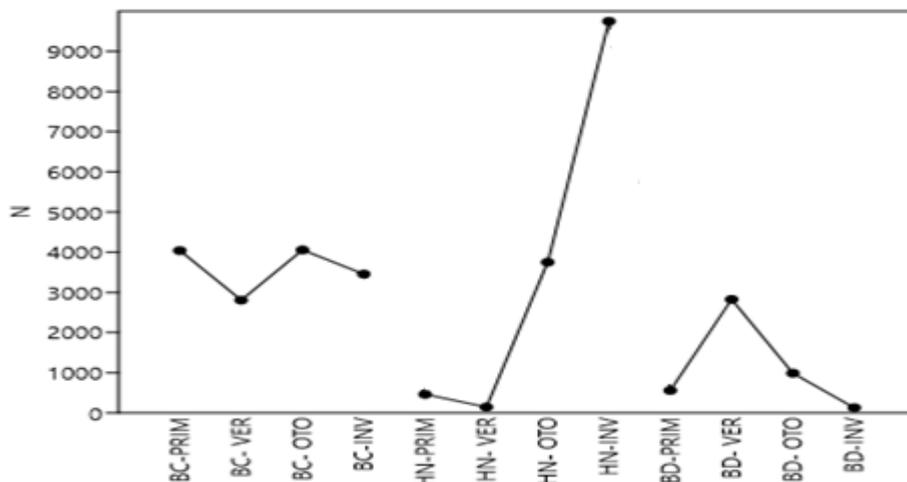
Se utilizó el índice de Shannon-Weaver para el cálculo de la diversidad (H), el índice de Pielou en el caso del cálculo de la equitabilidad (J), el índice de riqueza específica (S) para el número total de especies y la abundancia (N) para el número total de individuos. Los datos fueron analizados con el software “Past 4” para la determinación de la estructura de las comunidades.

RESULTADOS

En los resultados obtenidos encontramos 5 filum, de las cuales 12 son clases, 31 órdenes, 44 familias y 51 especies identificadas. Todo esto distribuido como se aprecia en la tabla 1.

De estas 51 especies en su mayoría corresponden a invertebrados y sólo 4 pertenecen a la fauna piscícola: *Valencia hispanica*, *Syngnatus abaster*, *Gambusia holbrooki* y *Micropterus*.

A continuación, se muestra la abundancia de individuos (Individuals N) (gráfica 1), en cada uno de los muestreos, en donde tenemos la máxima en el sitio del Humedal Norte en la estación de invierno con un total de 9750, en contraste con las mínimas registradas, una en el mismo sitio, pero en el periodo de verano con 144 y la más baja en Bullent Desembocadura con 127 en invierno.

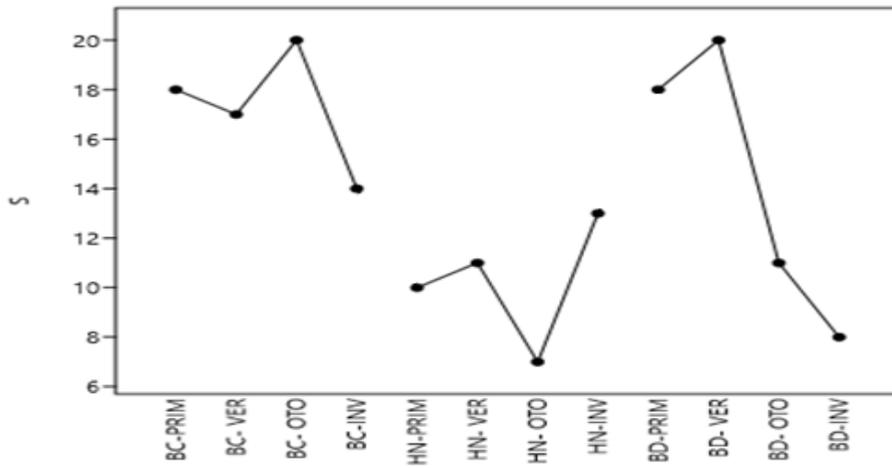


Gráfica 1. Individuals N. Se presentan los tres sitios de muestreo BC) Bullente Cabecera, HN) Humedal Norte, BD) Bullent Desembocadura; en cada una de las estaciones de muestreo PRIM) Primavera, VER) Verano, OTO) Otoño, INV) Invierno.

Tabla 1. Riqueza total encontrada en los tres sitios de muestreo BC) Bullent Cabecera, HN) Humedal Norte, BD) Bullent Desembocadura.

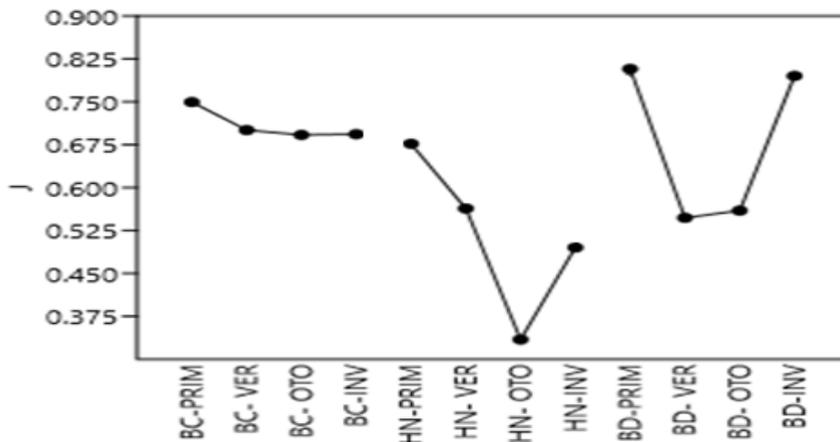
FILUM	CLASE	ORDEN	BC	HN	BD
Annelida	Clitellata	Tubificida	1	1	1
		Polychaeta	Phyllodocida	1	0
		Sabellida	0	0	1
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda	1	1	0
		Cycloneritida	1	0	2
		Neogastropoda	0	0	1
		Neotaenioglossa	0	0	1
		Basommatophora	2	1	1
	Bivalva	Venerida	0	0	1
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	1	2	1
		Isopoda	1	0	1
		Amphipoda	4	1	4
		Tanaidacea	1	0	1
	Insecta	Odonata	2	2	2
		Plecoptera	1	0	0
		Coleoptera	1	1	1
		Ephemeroptera	2	1	1
		Trichoptera	1	0	1
		Neuroptera	1	0	0
		Diptera	1	5	1
		Hemiptera	4	4	1
		Lepidoptera	1	0	0
		Collembola	Poduromorpha	0	0
	Symphyleona		1	0	1
	Arachnida		Trombidiformes	1	0
	Branchiopoda	Diplostraca	0	1	0
	Hexanauplia	Cyclopoida	0	1	0
	Platyhelminthes	Rhabditophora	Tricladida	1	0
Chordata	Actinopterygii	Syngnathiformes	1	0	0
		Cyprinodontiformes	1	2	1
		Perciformes	0	1	0
Total de N° de especies (S)			32	24	26

Se obtuvo el índice de riqueza específica de especies (Taxa S) para cada uno de los muestreos, mostrando una baja riqueza en el Humedal Norte, principalmente en otoño con un valor de 7, seguido por el Bullent Desembocadura en invierno con 8. Y los índices más altos y estables los encontramos en el Bullent Cabecera, sobresaliendo en la época de otoño con un valor de 20, mismo valor que se registró en Bullent Desembocadura en verano, tal como se aprecia en la gráfica 2.



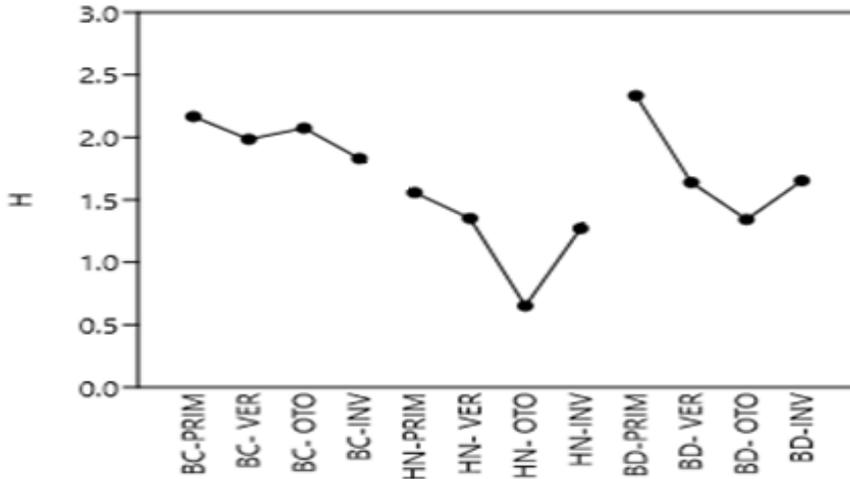
Gráfica 2. Taxa S. Se presentan los tres sitios de muestreo BC) Bullente Cabecera, HN) Humedal Norte, BD) Bullent Desembocadura; en cada una de las estaciones de muestreo PRIM) Primavera, VER) Verano, OTO) Otoño, INV) Invierno.

En el caso del índice de Pielou en equitabilidad (equitabiliy J) (gráfica 3), los valores más bajos nuevamente los encontramos en el Humedal Norte, destacando en otoño; en contraste los valores más altos de equidad registrados en el Bullent Desembocadura en primavera e invierno con valores de 0.8; mientras el Bullent Cabecera permanece estable en torno a 0.7.



Gráfica 3. Equitabiliy J. Se presentan los tres sitios de muestreo BC) Bullente Cabecera, HN) Humedal Norte, BD) Bullent Desembocadura; en cada una de las estaciones de muestreo PRIM) Primavera, VER) Verano, OTO) Otoño, INV) Invierno.

El Índice de diversidad de Shannon (H) se muestra en la gráfica 4. Para el caso del Humedal Norte, se observaron valores de diversidad muy baja en todos los periodos de muestreo, donde los resultados estuvieron por debajo del 1.5. El valor más alto de diversidad se observó en Bullent desembocadura en primavera mientras que Bullent Cabecera permaneció relativamente estable a lo largo del año en torno a 2.



Gráfica 4. Shannon H. Se presentan los tres sitios de muestreo (BC) Bullente Cabecera, (HN) Humedal Norte, (BD) Bullent Desembocadura; en cada una de las estaciones de muestreo (PRIM) Primavera, (VER) Verano, (OTO) Otoño, (INV) Invierno.

DISCUSIÓN

De acuerdo con la información recabada, en el BC, encontramos la mayor riqueza de especies, una abundancia alta y estable a lo largo del año, equitabilidad en torno a 0.7. Así como los valores más altos del índice de Shannon de los tres sitios muestreados, y acuerdo a Margalef (1972) refiere esos valores como diversidad media, corroborando la mejor diversidad ecológica del Marjal. Los valores de la diversidad fueron altos, con variaciones estacionales en la abundancia, baja en verano, alta en otoño. Destaca la presencia de pozos y rápidos con vegetación sumergida y emergente que proporciona una gran variedad de hábitat a diferentes especies. Siendo las más abundantes en el lecho del río, *Melanopsis tricarinata*, *Lekanesphaera hookeri*, *Heterotanais oerstedii*, *Gammarus aequicauda*, *Leptocheirus pilosus*, *Theodoxus baeticus*, *Chironomidae*, *Echinogammarus pacaudi* y la *Dugastella valentina*, esta última abundante en la vegetación.

En el HN encontramos de manera general baja riqueza, baja equitabilidad y diversidad baja (menor a dos, según lo establecido por el índice de Shannon-Wiener); pese a mantener una buena abundancia, probablemente se deba a que se trata de un sistema monótono. Sin embargo, previo al muestro de otoño desmalezaron la zona, lo cual causó una perturbación en el hábitat, reflejándose en una pérdida aún mayor de riqueza, equitabilidad que va hasta los 0.3 y diversidad, evidenciándose drásticamente en la población de *Libellulidae* y *Baetis*. Viendo una clara recuperación del sistema con el paso de los meses, para el periodo de invierno.

El BD presentó una riqueza alta, abundancia baja, equitabilidad que va de los 0.8 a los 0.5, y diversidad media en los muestreos de primavera y verano, ya que se trata de una zona estuarina con especies dulceacuícolas y marinas. Es importante mencionar que en otoño e invierno no había vegetación, por lo que únicamente se muestro el lecho, esto debido a que el sitio fue desmalezado previo al muestro de otoño y dañado por un temporal (borrasca Gloria) previo al muestro de invierno con afectaciones vinculadas a la destrucción de una parte del hábitat. Presentando una notoria disminución en la riqueza y abundancia, además de una baja diversidad del sitio. Afectando principalmente a los organismos alojados en la vegetación como: *Platynereis dumerilii*, *Dugastella valentina*, *Ischnura*, *Baetis*, *Libellulidae* y *Gambusia holbrooki*.

CONCLUSIONES

Tras los resultados obtenidos, podemos concluir que en la cabecera del río es donde se presenta la mayor riqueza de especies, la abundancia y equitabilidad más alta, así como una elevada diversidad a lo largo del año. Todo esto es consecuencia de la heterogeneidad de hábitats presentes en esta zona.

La homogeneidad de los hábitats del humedal, especialmente lénticos, con sedimentos extremadamente ricos en materia orgánica y vegetación emergente, presentan los niveles más bajos de riqueza, equitabilidad y diversidad. La perturbación, corte de la vegetación para la actividad cinegética, influye de una manera intensa en los descensos de todos los parámetros anteriores además de la abundancia

En la desembocadura del río destaca una elevada riqueza y diversidad, aunque la abundancia es baja. Esto es debido a la característica estuarina del sistema. Estos hábitats se vieron sometidos a sendas perturbaciones, la antrópica en otoño, y otra natural, el temporal Gloria, en invierno que afectaron a todos los parámetros.

Las afectaciones antropogénicas como los cortes de vegetación producen una pérdida de hábitat aún mayor que los temporales, que afectan marcadamente a la riqueza y diversidad de los sitios

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a todas las personas que nos apoyaron en la recolección de las muestras durante las campañas. Asimismo, a la Fundación Carolina por el financiamiento.

REFERENCIAS

- Ajuntament D'Oliva (2019). Área 2. 3. Marjal Pego-Oliva. [en línea]. 27 de enero de 2019: (<https://oliva.es/es/area/territorio/medio-ambiente/marjal-pego-oliva/>).
- Batzer D. P. & Boix D. (2016). An Introduction to Freshwater Wetlands and Their Invertebrates. In *Invertebrates in Freshwater Wetlands* (pp. 1-23). Springer International Publishing.
- Batzer D. P. & Sharitz R. R. (Eds.). (2014). *Ecology of freshwater and estuarine wetlands*. Univ of California Press.
- Ballesteros N. B., Domínguez S.J., Díaz-Losada E. & García M. O. (2009). Zonas húmedas mediterráneas y acuíferos asociados. Condicionantes hidrogeológicos del Marjal de Pego-Oliva (Alicante-Valencia). *Boletín Geológico y Minero*, 120 (3): 459- 478
- Borja C., Florín M. & Camacho C. (2011). “Lagos y humedales de interior” en *Evaluación de los ecosistemas del milenio de España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan J., Murray, E., Sanderson, W., Turnbull, C. & Vincent, M., (2001). *Marine Monitoring Handbook*. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee. UK Marine.
- Margalef, R. 1972. Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 44: 21-235.
- Mitra S., Wassmann R. & Vlek P. L. G. (2005). An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Curr Sci* 88:25–35.
- Mitsch W. J., Bernal B., Nahlik A. M., Mander Ü., Zhang, Li, Anderson, Christopher J., Jørgensen, Sven E., Brix & Hans (2013). Wetlands, carbon, and climate change -Landscape Ecology 28(4): 583- 597.
- Moya B. V., Hernández A. E. & Elizalde B. H. (2005). Los humedales ante el cambio climático en: *Investigaciones Geográficas*, Instituto Universitario de Geografía y Universidad de Alicante, Nº 37, p. 127-132.
- Obartí J. (2003). Plan de protección hídrica del Parque Natural del Marjal de Pego-Oliva. Fornés, J.M. y Llamas, M.R. (Eds.). *Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales: litoral mediterráneo*. Fundación Marcelino Botín & Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

- Sanjaume E., Pardo-Pascual J.E. & Segura-Beltran F. (2019) Mediterranean Coastal Lagoons. En: Morales J. (Eds.) The Spanish Coastal Systems. Springer.
- Sebastiá-Frasquet M. T., Altur V. & Sanchis J. A. (2014). Wetland planning: Current problems and environment proposals at supra-municipal scale (Spanish Mediterranean Coast). *Water*. 6(3): 620-641.
- Vázquez-Roig P., Andreu V., Blasco C., Morillas F. & Picó Y. (2012a). Risk assessment on the presence of pharmaceuticals in sediments, soils and waters of the Pego-Oliva Marshlands (Valencia, eastern Spain). *Science of the Total Environment* 440: 24-32.
- Vázquez-Roig P., Andreu V., Blasco C., Morillas F., & Picó Y. (2012b). Spatial distribution of illicit drugs in surface waters of the natural park of Pego-Oliva Marsh (Valencia, Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 19(4), 971-982.



Genética poblacional del baunco *Girella laevisfrons*, una especie de bajo nivel trófico candidata para la piscicultura marina sostenible en Latinoamérica, basada en el análisis de polimorfismos del ADN mitocondrial

Population genetics of *Girella laevisfrons*, a candidate low trophic level fish species for aquaculture in Latin America, based on mitochondrial DNA polymorphism analysis

Borja Moya¹, José Miguel Cerda²,
F. Patricio Ojeda², César A. Cruz-Castellón³,
David Cordero¹, Carlos Saavedra^{1*}

¹Instituto de Acuicultura Torre de la Sal, CSIC, Ribera de Cabanes (Castellón), España,

²Pontificia Universidad Católica de Chile, Av. Libertador Bernardo O'Higgins 340, 8331150 Santiago, Región Metropolitana, Chile,

³Departamento de Acuicultura e Industrias Pesqueras, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n – La Molina, Lima, Perú.

Carlos Saavedra   saavedra@iats.csic.es

RESUMEN | *Girella laevisfrons* (Kyphosidae) es una especie de pez herbívoro de potencial interés en la acuicultura de Perú. Para caracterizar la estructura genética de las poblaciones, se ha realizado un estudio de los polimorfismos de la región de control (RC) del genoma mitocondrial en 47 individuos de tres localidades que cubren toda el área de distribución de la especie. La diversidad haplotípica y nucleotídica observadas fueron muy altas, lo que sugiere que la especie se adaptará con facilidad a los cambios ambientales y a las condiciones de cría en cautividad. Se construyó una red filogenética mediante el método *Median Joining*, que indicó una ausencia de estructura filogeográfica. Estos resultados sugieren la existencia de una única población panmítica a lo largo de toda el área de distribución de la especie.

Palabras clave |
variabilidad genética,
filogeografía,
ADN Mitocondrial,
estructura genética.

ABSTRACT | *Girella laevisfrons* (Kyphosidae) is a species of herbivorous fish of potential interest for aquaculture in Peru. To characterize the genetic structure of the populations, a study of the polymorphisms of the mitochondrial genome control region was carried out in 47 individuals from three localities that cover the entire distribution area of the species. The observed haplotypic and nucleotide diversity were very high, suggesting that the species will easily adapt to environmental changes and captive breeding conditions. A phylogenetic network was constructed using the median joining method, which indicated a lack of phylogeographic structure. These results suggest the existence of a single panmictic population throughout the entire range of the species.

Keywords | genetic variability, phylogeography, mitochondrial DNA, genetic structure

INTRODUCCIÓN

Un problema actual de la acuicultura marina es la escasa sostenibilidad debido a su dependencia de los piensos basados en harinas y aceites que se extraen de otros peces e invertebrados marinos. Una de las estrategias que más se está empleando para mitigar este problema es la adición de insumos de origen vegetal en la formulación de las dietas. Otra opción, hasta ahora poco desarrollada, es la introducción de especies herbívoras o de bajo nivel trófico.

Un grupo importante de peces marinos de bajo nivel trófico es la familia Kyphosidae (Knudsen *et al.*, 2019). Se trata de una familia de peces que se alimentan casi exclusivamente de algas, y están distribuidas casi exclusivamente por los océanos Pacífico e Índico. Dentro de esta familia se encuentra el género *Girella*, constituido por un grupo de peces que se alimentan principalmente de algas verdes y ocasionalmente de moluscos bivalvos y anfípodos (Fariña *et al.*, 2000).

La especie *Girella laevisfrons*, conocida como baunco en Perú, se distribuye a lo largo de unos 3500 km de la costa sudamericana del océano Pacífico. Se trata de una especie de interés potencial para la acuicultura por su facilidad de cría y aceptación en el mercado (Luján, 2010).

Un aspecto a tener en cuenta para la correcta práctica de la acuicultura es la existencia de diferencias genéticas entre individuos y localidades, es decir, la variabilidad genética. Niveles altos de variabilidad genética facilitan la adaptación de las especies a los cambios ambientales y a las condiciones de cría en instalaciones de acuicultura. La variabilidad genética se puede estudiar mediante el análisis de secuencias de ADN y de marcadores genéticos, como los microsatélites (Avisé, 2004).

Hasta la fecha, no se ha estudiado en profundidad la genética del baunco. Existe un estudio

pionero realizado por Cerda *et al.* (2019), basado en microsatélites. En este trabajo, se estudió una zona de costa de unos 400 km del centro de Chile, y se encontró que era genéticamente homogénea. Posteriormente, Cruz-Castellón *et al.* (2019) estudiaron la variabilidad del gen mitocondrial que codifica la proteína citocromo oxidasa I (COI) en una localidad del centro de Perú, encontrando niveles de variabilidad intermedios respecto a otras especies del género.

El estudio de genética del baunco, además, es interesante porque en otros estudios realizados en moluscos y crustáceos mediante secuencias de ADN mitocondrial se ha encontrado una zona de tensión o ruptura filogeográfica localizada en torno al paralelo 30°S. Se trata de un área donde se produce un distanciamiento genético entre individuos de la misma especie localizados a ambos lados de la zona de tensión (Brante *et al.*, 2012; Hays *et al.*, 2019; Márquez *et al.*, 2020; Zakas *et al.*, 2009). Sin embargo, se desconoce si este fenómeno se produce también en los peces.

En esta comunicación se presentan los primeros resultados de un estudio genético de las poblaciones de baunco basados en el análisis de los polimorfismos de secuencias de la región de control (RC) del ADN mitocondrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material analizado

Partimos de un total de 55 muestras de individuos de *Girella laeivifrons* estratégicamente recogidas en 3 localidades que cubren la mayor parte del área de distribución de la especie. Se muestrearon 18 individuos de la localidad de Casma (Perú), y 20 y 17 individuos de las localidades chilenas de Antofagasta y Maitencillo, respectivamente. Las muestras corresponden a trozos pequeños de la aleta caudal (10 mm²), las cuales fueron conservadas etanol absoluto. Las muestras de las localidades de Maitencillo y Casma utilizadas en este trabajo son las mismas que utilizaron Cerda *et al.* (2019) y Cruz-Castellón *et al.* (2021) en sus respectivos estudios.

Extracción de ADN, amplificación por PCR y secuenciación

La extracción de ADN se realizó por el método de precipitación salina (Miller *et al.*, 1988). Se amplificó un fragmento de 1000 pares de bases (pb), aproximadamente, de la región control del ADN mitocondrial mediante PCR con los *primers Marinefish Dloop F* y *Marinefish Dloop R* (Cheng *et al.*, 2012). La PCR se realizó empleando 0,625 unidades de polimerasa de ADN Taq (Invitrogen), 2,5 µl de tampón (Buffer 10X, Invitrogen), 2 µl de *primers* 10 mM, 0,5 µl de dNTPs 50 mM y 0,75 ml de MgCl₂ 50 mM, y el volumen total se llevó a 25 µl con agua estéril autoclavada. Las condiciones de la PCR fueron las siguientes: un ciclo de desnaturalización a 94°C durante 4 min,

seguido de 35 ciclos de desnaturalización a 94°C durante 30 s, hibridación a 55°C durante 30 s, y extensión a 72°C durante 1.3 min. Finalmente se aplicó un ciclo de extensión a 72°C durante 5 min. Los productos de PCR se examinaron en un gel de agarosa al 1% en tampón Tris-borato-EDTA, y los tamaños de los fragmentos se determinaron utilizando el marcador de tamaños 1Kb Ladder (Invitrogen). Las muestras fueron secuenciadas por el método de Sanger en un secuenciador automático ABI 370 en ambos sentidos, utilizando los mismos *primers* que en la PCR.

Procesamiento de las secuencias y análisis de genética poblacional

Las secuencias obtenidas se revisaron con el programa BioEdit versión 7.2.5 (Hall, 1999), y los extremos de baja calidad se eliminaron del análisis. Para confirmar que las secuencias correspondían a RC, se realizó una comparación con las secuencias depositadas en la base de datos GenBank (NCBI) mediante el programa BLAST (Atschul *et al.*, 1990). El alineamiento de las secuencias revisadas se realizó empleando la herramienta CLUSTALX (Thomson *et al.*, 1994) en BioEdit.

Con el programa DnaSP versión 6.12 (Librado *et al.*, 2019) se determinaron los parámetros de variabilidad genética como el número de sitios polimórficos (S), el número de haplotipos (h), diversidad de haplotipos (Hd), diversidad de nucleótidos (π) y el número promedio de diferencias por pares entre secuencias (k).

Como test de neutralidad se utilizó el test de Tajima (1989). Como test de los efectos demográficos, se utilizó la prueba R2 de Ramos-Onsins y Rozas (2002), que se basa en el número de mutaciones únicas, el número promedio de diferencias nucleotídicas y el número de sitios segregantes.

Análisis filogenético

Se elaboró una red filogenética empleando el método Median Joining (Bandelt *et al.*, 1999) basado en la distancia de Tamura-Nei mediante el programa Network (<http://www.fluxus-engineering.com>).

Análisis de la diferenciación genética

Se estimaron las distancias genéticas entre pares de poblaciones mediante el índice F_{ST} (Excoffier *et al.*, 1992; Wright 1950), utilizando el programa Arlequin (Excoffier & Lischer, 2010). También se estimó F_{ST} para el conjunto de las tres poblaciones.

RESULTADOS

De las 55 muestras originales, se descartaron 8 debido a que no se obtuvo ADN o productos de PCR de las mismas, quedando 47 muestras utilizables para el estudio.



Figura 1. Área de distribución geográfica de la especie *Girella laeivfrons* en la costa americana del océano Pacífico Sur (línea roja). La línea verde engloba la región estudiada por Cerda et al (2019) con microsátélites, y la flecha roja indica la localidad estudiada por Cruz-Castellón et al. (2021) con el gen COI mitocondrial. Las flechas azules indican las localidades muestreadas para la presente comunicación, de norte a sur: Casma, Antofagasta y Maitencillo.

Tras la revisión de la calidad de las secuencias de los productos de PCR se retuvo para el análisis un fragmento de 765 pares de bases (pb) de longitud. Los resultados más significativos obtenidos mediante BLAST fueron secuencias de la RC de especies del género *Girella* (*Girella cyanea*, $E\text{-value} = 7e-169$, número de acceso KC136395.1; *Girella punctata*, $E\text{-value} = 4e-166$, número de acceso KC136477.1), confirmando que los fragmentos amplificados pertenecían a la RC de *G. laevifrons*. En el alineamiento se observaron 67 sitios variables, que daban lugar a 37 haplotipos. Las secuencias de los haplotipos se han enviado a la base de datos GenBank con las referencias OP785007- OP785043.

Los valores de los distintos estimadores de la variabilidad genética se muestran en la Tabla 1. Se obtuvieron unos valores totales de diversidad haplotípica del 97%, y de diversidad nucleotídica de 0,012. Los valores obtenidos en cada localidad fueron similares.

Tabla 1. Análisis del polimorfismo de las 3 poblaciones muestreadas. N: número de individuos analizados; S: número de sitios segregantes; Hd: diversidad haplotípica con su desviación estándar (D.E.); π : diversidad nucleotídica con su desviación estándar; k: número promedio de diferencias nucleotídicas entre secuencias.

Polimorfismo de ADN					
Poblaciones	N	S	Hd±D.E.	π ±D.E.	k
Casma	15	37	0,981±0,031	0,014±0,002	10,438
Antofagasta	17	34	0,963±0,033	0,013±0,002	9,912
Maitencillo	15	31	0,981±0,031	0,011±0,002	8,571
Total	47	56	0,975±0,011	0,012±0,001	9,225

Los tests de Tajima dieron valores en el rango de -0.06 hasta -0.42, estos valores no son estadísticamente significativos ($P > 0,05$). La prueba R2 de Ramos-Onsins y Rozas dio valores comprendidos entre 0,11 y 0,13, que tampoco fueron significativos ($P > 0,05$). Estos resultados indican que la población se encuentra en equilibrio genético y demográfico.

En la red filogenética (Figura 2) los haplotipos se asocian en tres grupos separados por un número de diferencias nucleotídicas de 13 (entre los grupos 1 y 2) y 7 (entre los grupos 2 y 3). En el caso de estos últimos, 6 nucleótidos contiguos forman una inserción/delección (indel). Los tres grupos están presentes en las tres localidades y las diferencias de las frecuencias de los grupos entre localidades no son estadísticamente significativas (Chi-cuadrado = 2.53, $P = 0,64$).

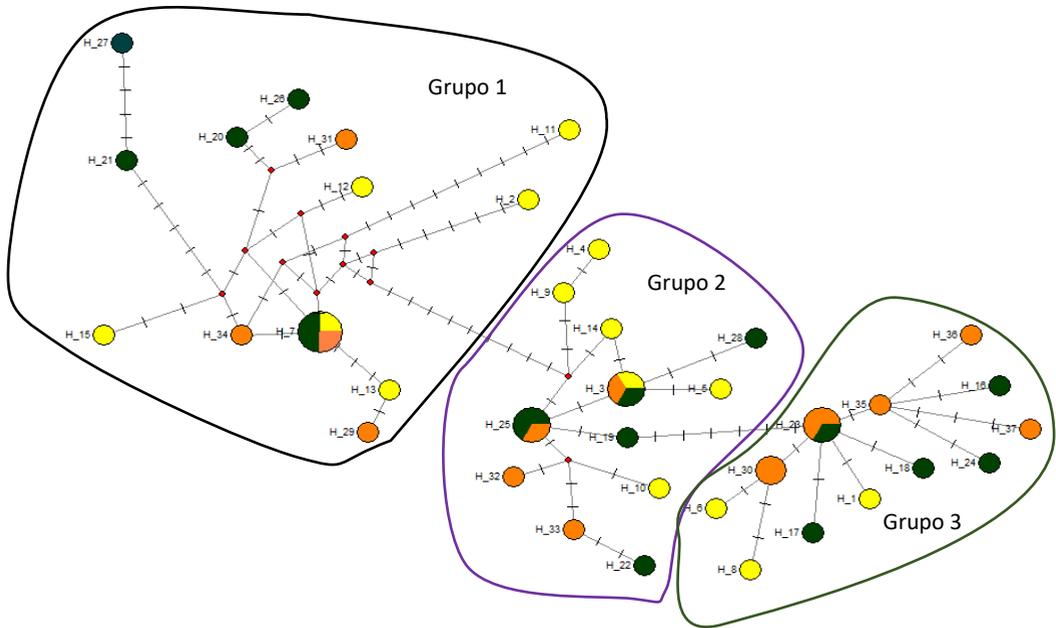


Figura 2. Red filogenética realizada mediante el método *median-joining* entre 37 haplotipos de 3 poblaciones *Girella laeivfrons*. Cada haplotipo está representado por un círculo, y las secciones de color indican la frecuencia del haplotipo en cada una de las 3 poblaciones estudiadas: amarilla (Casma), negra (Antofagasta) y naranja (Maitencillo). Los puntos rojos corresponden a secuencias hipotéticas no encontradas en las muestras, inferidas por el programa de cálculo de la red para conectar las secuencias observadas. Se indican los 3 principales grupos de haplotipos en que se puede dividir la red filogenética.

Se obtuvo un F_{ST} global de -0.021 que no es significativamente distinto de cero ($P > 0.05$). Los valores de F_{ST} entre pares de poblaciones se muestran en la tabla 2, y también indican ausencia de diferenciación genética significativa ($P > 0.05$) entre las poblaciones.

Tabla 2. Valores de F_{ST} (bajo la diagonal) y su probabilidad asociada P (sobre la diagonal) estimados entre pares de poblaciones de *Girella laeivfrons*.

	Casma	Antofagasta	Maitencillo
Casma	-	0.56076±0.0030	0.27913±0.0030
Antofagasta	-0.01753	-	0.64945±0.0036
Maitencillo	0.01420	-0.02730	-

DISCUSIÓN

Este trabajo es el primer estudio genético que incluye poblaciones de la gran mayoría del área de distribución del baunco. Los valores de diversidad haplotípica del 97% y 0.01223 de diversidad nucleotídica son mayores que los observados en el gen COI estudiado por Cruz-Castellón *et al.* (2021), lo que indica que la RC es un marcador genético mucho más útil para los estudios de genética poblacional de esta especie. Por otra parte, esos valores indican un nivel de variabilidad genética relativamente alto que asegura la viabilidad de la especie frente a cambios ambientales y en condiciones de cultivo en cautividad.

Se observaron pequeñas variaciones en los valores de los parámetros de variabilidad genéticos estimados. Parece haber una ligera disminución de los valores de norte a sur (Tabla 1). Una posible explicación para esta observación es que se da una disminución de la abundancia de la especie hacia el sur, que tendría como consecuencia tamaños locales de población menores, y consiguientemente valores menores de variabilidad genética. Sin embargo, las diferencias observadas son muy pequeñas y habría que secuenciar más individuos y poblaciones, e incluso genes del ADN nuclear, para llegar a una conclusión robusta sobre este aspecto.

Los análisis referentes a la diferenciación genética de las tres localidades estudiadas sugieren que las diferencias observadas en las frecuencias de haplotipos no son estadísticamente significativas al igual que el parámetro F_{ST} . Es posible que las diferencias entre poblaciones sean muy pequeñas y el estadístico no tenga la potencia suficiente para detectar esos pequeños valores de diferenciación como significativos. Esta explicación es bastante probable, ya que el examen de la red filogenética indica ciertas diferencias entre poblaciones. La principal observación a este respecto es que el grupo de haplotipos 3 está asociado principalmente a la localidad más meridional, Maitencillo, en Chile central. En particular, el haplotipo más común de este grupo (H-23) y la mayoría de los demás haplotipos del grupo 3, sólo aparecen en Maitencillo. Por el contrario, los haplotipos más frecuentes de los grupos 1 y 2 (H-7 y H-3), aparecen en las 3 localidades. Estas observaciones sugieren que el grupo 3 es más abundante en la zona sur del área de distribución. Por lo tanto, los datos obtenidos sugieren que podría existir una diferenciación genética leve de las poblaciones de Chile central respecto al norte de Chile y Perú. Será necesario estudiar más poblaciones para poder llegar a una conclusión definitiva.

Los resultados obtenidos también indican que una ruptura filogeográfica localizada en torno al paralelo 30° S (Chile) similar a la observada en algunas especies marinas que viven en esta región (Brante *et al.*, 2012; Zakas *et al.*, 2009), no se da en el baunco. Esos estudios se centraron en especies de moluscos con fases larvianas muy cortas o desarrollo directo. Es posible que solamente especies

con este tipo de ciclo vital hayan sido susceptibles de sufrir la diferenciación genética en torno al paralelo 30° S.

En conjunto, los datos presentados en este trabajo sugieren que *G. laevis* está estructurada genéticamente como una única población panmítica que incluye toda o la mayor parte del área de distribución de la especie. Esta característica es conforme a las características de ciclo biológico de la especie, como la alta movilidad tanto en fase larvaria como adulta, que favorece la existencia de un flujo genético muy alto. Este elevado flujo genético puede haber evitado la formación de una ruptura filogeográfica o haberla destruido tras su formación.

CONCLUSIONES

El banco presenta niveles de variabilidad genética altos y muy similares en las tres poblaciones analizadas, lo que sugiere que puede ser usada para la cría en cautividad sin temer problemas derivados de una baja variabilidad genética, siendo una buena especie de uso en el campo de la acuicultura, que incluso podría responder adecuadamente a programas de mejora genética. Por otra parte, no se detectan diferencias genéticas entre poblaciones. Sin embargo, será necesario comprobar estas conclusiones mediante el uso de marcadores genéticos nucleares estudiando un mayor número de localidades.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado parcialmente con fondos del CSIC. Se agradece la colaboración de los profesionales de España, Chile y Perú que hicieron posible su.

REFERENCIAS

- Altschul S.F., Gish W., Miller W., Myers E.W., Lipman D.J. (1990). Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215:403-410
- Avice C. (2004). *Molecular Markers, Natural History, and Evolution*. 2nd Edition. Sinauer Associates. Sunderland (MA), EE. UU. 648 pp.
- Bandelt H. J., Forster P., Röhl A. (1999). Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, 16(1): 37-48.
- Brante A., Fernández M., Viard, F. (2012). Phylogeography and biogeography concordance in the marine gastropod *Crepidula dilatata* (Calyptaeidae) along the southeastern pacific coast. *Journal of Heredity*, 103(5): 630-637.
- Cerda J. M., López F., Palacios-Fuentes P., Ojeda F. P. (2019). Genetic structure analysis of *Girella laevis* populations in central Chile. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(5): 1147-1153

- Cruz, C. A. (2019). A diet based on *Ulva lactuca* flour improves growth fingerlings sea chub *Girella laevis* (Pisces: Kyphosidae). *Scientia Agropecuaria*, 10(2): 191–197.
- Cruz-Castellón C. A., Cordero, D., Saavedra, C. (2021). Estudio preliminar de la diversidad genética y la filogenia molecular de *Girella laevis* de la costa central del Perú. *Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura*, 10: 525–536.
- Cheng Y. Z., Xu T. J., Jin X. X., Tang D., Wei T., Sun Y. Y., et al. (2012). Universal primers for amplification of the complete mitochondrial control region in marine fish species *Molecular Biology*, 46(5): 727–730.
- Excoffier L., Lischer H.E. L. (2010). Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*, 10: 564–567.
- Fariña J. M., Aldana M., Ogalde F., Ojeda F. P. (2000). Ecología trófica de *Girella laevis* (Pisces: Kyphosidae) en zonas intermareales rocosas del norte de Chile afectadas y no afectadas por contaminantes derivados de la minería del cobre. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 139–149
- Hall, T. A. (1999). BIOEDIT: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95–98.
- Haye P.A., Segovia N.I., Varela A.I., Rojas R., Rivadeneira M.M., Thiel M. (2019). Genetic and morphological divergence at a biogeographic break in the beach-dwelling brooder *Excirrolana hirsuticauda* Menzies (Crustacea, Peracarida). *BMC Evolutionary Biology*, 19: 1–13.
- Knudsen S. W., Choat J. H., Clements K. D. (2019). The herbivorous fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes) represents a recent radiation from higher latitudes. *Journal of Biogeography*, 46(9): 2067–2080.
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6):1547–1549.
- Librado, P., Rozas, J. (2009). DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, 25: 1451–1452.
- Lújan, M. (2010). Investigación para diversificar la acuicultura peruana: ¿A qué especies apostar? Retrieved from <https://www.aquahoy.com/component/content/article/156-uncategorised/10756-%0Ainvestigacion-para-diversificar-laacuicultura-peruana-ia-que-especies-apostar?>
- Márquez F., Trovant B., Van der Molen S., Sepúlveda R. D., Doña J., Johnson K. P., Vierna J. (2020). Two evolutionary units on the South American razor clam *Ensis macha* (Bivalvia: Pharidae): genetic and morphometric evidence. *Organisms Diversity and Evolution*, 20(3): 331–344.
- Miller S. A., Dykes D. D., Polesky H. F. (1988). A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research*, 16(3): 1215.

- Ramos-Onsins S. E., Rozas J. (2002). Statistical properties of new neutrality tests against population growth. *Molecular Biology and Evolution*, 19(12): 2092–2100.
- Tajima F. (1989). Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. *Genetics*, 123(3): 585–595.
- Tamura, K., Nei, M. (1993). Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10(3): 512–526.
- Thompson J. D., Higgins D. G., Gibson T. J. (1994). CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22(22): 4673–4680.
- Zakas C., Binford J., Navarrete S.A., Wares, J.P. (2009). Restricted gene flow in Chilean barnacles reflects an oceanographic and biogeographic transition zone. *Marine Ecology Progress Series*, 394: 165–177.



Índices de Riesgo Ecológico por metales pesados en los sedimentos superficiales del Orinoco Medio Estado Bolívar, Venezuela

Ecological Risk Indices for heavy metals in the surface sediments of the Middle Orinoco Bolivar State, Venezuela

Andreina Lemus, Arístide Márquez

Instituto Oceanográfico de Venezuela. Departamento de Oceanografía, Venezuela

Andreina Lemus   andreinamarielys@gmail.com

RESUMEN | Mediante la determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica con aire-acetileno y el uso de índices de riesgo ecológico para sedimentos, se realizó una evaluación de riesgo ambiental asociado a metales pesados en sedimentos del Orinoco medio, Venezuela en los años 2016 y 2017. Las concentraciones de metales pesados presentaron un gradiente de distribución decreciente, $Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Co > Cr > Pb > Cd$. El efecto límite (CEL) reflejó valores por encima de este parámetro para los metales Cd y Zn para el año 2016, en el año 2017 solo se determinó un valor por encima del CEL para el Zn. El cociente de peligro modificado (mHQ) presentó un gradiente decreciente $Zn > Ni > Cd > Cu > Cr > Pb$ en ambos años. El río Orinoco presentó durante el año 2016 una clasificación para el ECI de 4,17 lo cual representa un grado de contaminación que va de moderado a considerablemente contaminante. Por otra parte, para el año 2017 en río Orinoco el valor de este índice fue 3,35 lo cual evidencia un riesgo que va de ligero a moderadamente contaminante. Los resultados indican que los riesgos de contaminación en el río Orinoco disminuyeron desde el año 2016 al 2017, posiblemente esto ocurrió a causa del cese de vertidos antropogénicos en la zona en este intervalo de tiempo, o un posible aumento en el nivel del río pudo remover del sedimento estos contaminantes.

Palabras clave |

Índices,
ecológico,
metales pesados,
sedimentos,
río Orinoco.

ABSTRACT | Through the determination of heavy metals by atomic absorption spectrophotometry with air-acetylene and the use of ecological risk indices for sediments, an environmental risk assessment associated with heavy metals in sediments of the middle Orinoco, Venezuela was carried out in the years 2016 and 2017. The concentrations of heavy metals showed a decreasing distribution gradient, Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Co > Cr > Pb > Cd. The limit effect (CEL) reflected values above this parameter for the metals Cd and Zn for the year 2016, in 2017 only a value above the CEL was determined for Zn. The modified hazard ratio (mHQ) showed a decreasing gradient Zn > Ni > Cd > Cu > Cr > Pb in both years. The Orinoco River presented during 2016 a classification for the ECI of 4.17 which represents a degree of pollution that ranges from moderate to considerably polluting. On the other hand, for the year 2017 in Orinoco River the value of this index was 3.35 which shows a risk that goes from light to moderately polluting. The results indicate that the risks of contamination in the Orinoco River decreased from 2016 to 2017, possibly this occurred due to the cessation of anthropogenic discharges in the area in this time interval, or a possible increase in the level of the river could remove these pollutants from the sediment.

Keywords |

index,
ecological,
heavy metals,
sediments,
Orinoco River.

INTRODUCCIÓN

La mejor manera de identificar un riesgo o impacto ambiental es a través de un índice, el cual se define como un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información ambiental, cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil a los decisores y al público. Dentro de los cuerpos de aguas del planeta, los ríos representan uno de los más importantes recursos naturales, ya que proporcionan hábitat para numerosos organismos acuáticos y ayudan a conservar la biodiversidad (Singh *et al.* 2017); además tienen importancia ecológica, así como económica para la sociedad. Sin embargo, las aguas de los ríos son bastante vulnerables a la contaminación porque son naturalmente abiertas, de fácil acceso y se utilizan sustancialmente en los procesos agrícolas, industriales y municipales (Lu *et al.* 2018).

Investigaciones recientes, muestran que los niveles de metales pesados están aumentando a un ritmo alarmante, depositándose en los sedimentos de los ríos, afectando negativamente a los organismos acuáticos (Rezania *et al.* 2016; Lu *et al.* 2018; Liu *et al.* 2018). Metales pesados, como As, Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni y Zn son los principales contaminantes en las aguas superficiales y en los sedimentos (Oyuela-Leguizamo *et al.* 2017). El estudio de los sedimentos de los ríos es importante porque los sedimentos sirven como hábitat para muchos organismos bentónicos. Además, actúan como depósitos, sumideros y transportadores importantes para metales pesados, desafortunadamente, la mayoría de las veces, los ríos son monitoreados sin prestar atención a ellos

(Duncan *et al.* 2018). Según las estadísticas, más del 99% de los metales pesados que ingresan al sistema acuático pueden almacenarse de manera indiferente en el sedimento (Shen *et al.* 2019). Las fuentes naturales de metales pesados incluyen principalmente la meteorización geológica, la erosión del suelo y el polvo en el aire. El destino de estos elementos en el ambiente acuático se ve afectado por procesos redox, así como la precipitación, la absorción, y la disolución (Abdel-Ghani & Elchaghaby 2007). Estos procesos también se ven afectados por factores como el pH, la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y la alteración del agua (Duncan *et al.* 2018). La investigación de metales pesados en el agua y los sedimentos podría utilizarse para evaluar los impactos y riesgos antropogénicos e industriales que presentan las descargas de desechos en los ecosistemas fluviales (Wojciechowska *et al.* 2019). Los sedimentos proporcionan información útil y de importancia sobre la contaminación ecológica, geoquímica, y de metales liberados por fuentes naturales y antropogénicas (Tamim *et al.* 2016). Los niveles de metales dependen del tamaño de las partículas, ya que las partículas más finas tienen un área de superficie específica más grande para la adsorción de contaminantes (Sung Mi Kim *et al.* 2018). Los índices toxicológicos hacen énfasis en la posibilidad de los contaminantes afecten a los organismos en el ecosistema estudiado, algunos de estos índices son: Concentración de Efectos Límite (CEL o CET), la Concentración de Efectos Probables (CEP), así como., el Cociente de Peligro Modificado (mHQ) y el Índice de Contaminación Ecológica (ECI) (MacDonald *et al.* 2000; Benson *et al.* 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Área de estudio para esta investigación se ubicó específicamente en la zona comprendida entre la desembocadura del río Apure hasta el Municipio Cedeño del estado Bolívar en un transepto aproximado de 76 km (Fig. 1).

Catorce estaciones de muestreo fueron fijadas para la recolección de los sedimentos en el río Orinoco. Las estaciones fueron distribuidas y geo-referenciadas con un GPS Garmin para cubrir los márgenes izquierdos (estaciones: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E13, E14), derecho (estaciones: E8, E9, E11) y parte central del río (estaciones: E7, E10, E12) (Fig. 1A).

Un total de 28 muestras de sedimentos fueron recolectada durante el periodo de estudio utilizando una draga tipo Diez Laffont de área 0,02m² y una embarcación tipo peñero. Catorce muestras con aproximadamente 1 kg fueron recolectadas el 10 de febrero del 2016 y catorce el 16 abril del 2017 en los mismos puntos de muestreo.

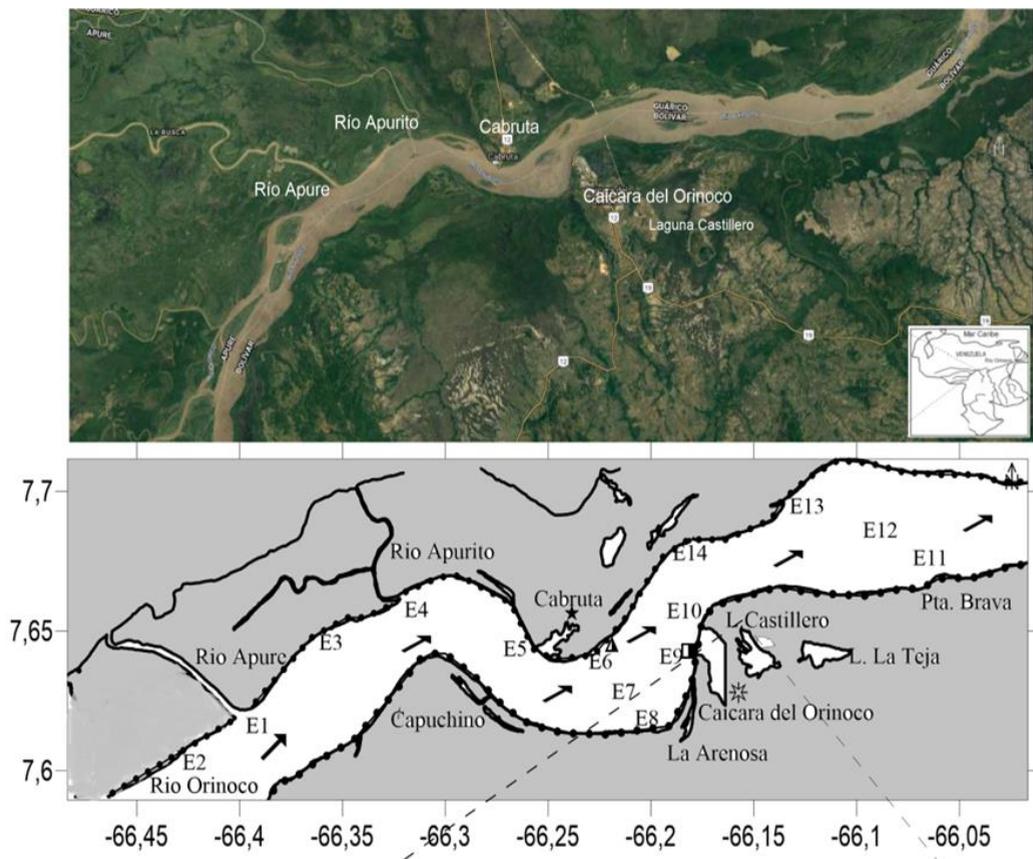


Figura 1. Área de estudio muestreada en el Orinoco medio Venezuela, durante los años 2016 y 2017.

Preparación y Procesamiento de las muestras

Para evitar una posible contaminación y alteración de los resultados, las muestras de sedimentos fueron colocadas en envases secos de polietileno previamente lavados con HNO_3 al 10% y abundante agua desionizada. Las muestras fueron transportadas refrigeradas y luego mantenidas bajo congelación a -20°C , hasta su procesamiento y análisis en los laboratorios de metales traza del Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente ubicado en Caicara de Orinoco, estado Bolívar y en el del departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, de la Universidad de Oriente, en la ciudad de Cumaná, estado Sucre.

Metales pesados

Se le determinó a las muestras los metales pesados usando el método propuesto por Lewis & Landing (1992). Las cuantificaciones fueron realizadas por espectrofotometría de absorción atómica con llama de aire-acetileno y corrector de fondo de deuterio, utilizando un equipo Perkin Elmer modelo 3110.

Para evaluar la calidad analítica de las extracciones de los metales, se utilizó un estándar de sedimento certificado por la Environmental Resource Associates: Catálogo número 540, lote 237 (Priority Pollutn/CPL. Soil).

Determinación de Índices de Riesgo Ecológico

Concentración de Efectos Límites y Concentración de Efectos Probables (CEL y CEP)

El riesgo toxicológico fue estimado por medio de la comparación con los valores de la Concentración de Efectos Límite (CEL o CET) y la Concentración de Efectos Probables (CEP) sugeridas por MacDonald *et al.* (2000), que se muestran a continuación en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de los metales pesados para la clasificación del CEL Y CEP

	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
CEL ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,99	43,3	31,6	35,8	0,18	22,7	121
CEP ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	4,98	111	149	128	1,06	6	459

Cociente de Peligro Modificado (mHQ)

Este índice permite la evaluación de la contaminación al comparar la concentración de metal en el sedimento con las distribuciones sinópticas de efectos ecológicos adversos para niveles de umbral ligeramente diferentes (TEL, PEL y SEL), (MacDonals *et al.* 2000). La determinación del cociente de peligro modificado (mHQ) de los metales es una herramienta de evaluación importante que aclara el grado de riesgo de cada metal pesado para el medio ambiente acuático y la biota (Benson *et al.* 2018) y se calculó utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$mHQ = \left[C_i \left(\frac{1}{TEL_i} + \frac{1}{PEL_i} + \frac{1}{SEL_i} \right) \right]^{1/2}$$

Donde, C_i es la concentración medida de metales pesados en las muestras de sedimentos, TEL_i, PEL_i y SEL_i son siglas para el nivel de efecto umbral, nivel de efecto probable y nivel de efecto severo para el metal respectivamente. En la ecuación, la raíz cuadrada se introduce como una función de reducción para consideraciones matemáticas y de clasificación (Benson *et al.* 2018). Esta clasificación propuesta de contaminación por un solo metal usando el índice recientemente desarrollado es la siguiente (Tabla 2):

Tabla 2. Clasificación del cociente de Peligro Modificado (mHQ)

mHQ < 0,5	el riesgo de contaminación es casi nulo
0,5 ≤ mHQ < 1,0	el riesgo de contaminación es muy bajo
1,0 ≤ mHQ < 1,5	el riesgo de contaminación es bajo
1,5 ≤ mHQ < 2,0	el riesgo de contaminación es moderado
2,0 ≤ mHQ < 2,5	el riesgo de contaminación es considerado
2,5 ≤ mHQ < 3,0	el riesgo de contaminación es alto
3,0 ≤ mHQ < 3,5	el riesgo de contaminación es muy alto
mHQ > 3,5	hay un riesgo de contaminación extremo

Índice de Contaminación Ecológica (ECI).

Este índice es un enfoque empírico agregativo que estima los riesgos asociados con un ecosistema utilizando un factor específico de fuente derivado principalmente del análisis de componentes principales/análisis de factores (Benson *et al.* 2018). La fórmula propuesta para ECI se expresa matemáticamente como:

$$ECI = Bn \sum mHQ_i$$

Donde, Bn = el recíproco del valor propio derivado de las concentraciones de metales pesados solamente. La clasificación de riesgos que representa los metales pesados para los sistemas ecológicos utilizando este índice se especifica a continuación (Tabla 3):

Tabla 3. Clasificación del índice de Contaminación Ecológica (ECI)

ECI < 2	significa descontaminado
2 ≤ ECI < 3	está descontaminado a ligeramente contaminante
3 ≤ ECI < 4	está ligera a moderadamente contaminado
4 ≤ ECI < 5	es moderado a considerablemente contaminado
5 ≤ ECI < 6	está considerablemente a altamente contaminado
6 ≤ ECI < 7	está altamente contaminando
ECI > 7	está extremadamente contaminado

RESULTADOS

Metales pesados

Las concentraciones de los metales pesados Fe, Mn y Zn en los dos años estudiados (2016-2017) presentaron una distribución heterogénea, mientras que para el resto de los metales Cu, Ni, Cd, Pb, Cr y Co el comportamiento fue homogéneo, lo cual es tipificado por las desviaciones estándar que presentan los datos en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Concentraciones de metales pesados en los sedimentos superficiales del Orinoco medio durante el año 2016.

E	Cu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
E1	12,35	126.116	518,78	13,64	1,39	74,31	6,85	7,56	6,79
E2	1,38	8.308	75,48	4,33	0,39	19,95	0,23	1,94	2,46
E3	17,30	120.616	647,88	20,19	0,28	128,13	7,38	12,06	9,41
E4	18,37	73.773	615,82	21,67	0,25	132,76	9,61	12,11	10,56
E5	1,45	10.619	122,69	5,86	0,01	102,42	ND	2,37	3,38
E6	2,83	9.679	163,32	8,27	ND	68,06	ND	2,86	3,40
E7	2,17	10.042	68	5,60	0,01	89,01	15,75	2,70	2,48
E8	8,14	6.011	702,45	14,02	0,04	179,50	5,83	9,62	7,40
E9	4,25	4.267	158,41	9,49	0,10	89,39	ND	3,73	5,61
E10	10,52	7.779	412,15	15,54	0,08	128,37	4,86	7,84	8,79
E11	9,04	6.202	506,79	14,47	0,04	163,97	3,63	8,39	8,78
E12	0,76	12.011	385,97	4,95	0,02	56,89	ND	1,65	2,64
E13	1,12	8.319	109,91	4,31	0,06	71,20	ND	1,47	5,06
E14	1,18	6.615	143,33	4,04	0,07	60,94	ND	1,31	2,29
Máx.	18,37	126.116	702,45	21,67	1,39	179,50	15,75	12,11	10,56
Min.	0,76	4.267	68	4,04	ND	19,95	ND	1,31	2,29
Prom.	6,49	29.311	330,78	10,46	0,19	97,49	3,87	5,40	5,65
DE	6,18	43.548	234,54	6,09	0,36	44,32	4,83	4,03	2,95

E=estación, ND=no detectado, Máx.=máximo, Min.=mínimo, Prom.=promedio,

DE=desviación estándar

Tabla 5. Concentraciones de metales pesados en los sedimentos superficiales del Orinoco medio durante el año 2017.

E.	Cu ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
E1	2,42	107.402	105,95	6,27	0,09	52,46	ND	2,96	3,62
E2	1,84	107.848	129,42	5,27	0,37	66,01	ND	1,86	3,65
E3	1,71	73.066	183,90	3,98	0,04	88,15	ND	1,63	3,45
E4	16,91	47.243	227,79	13,29	0,16	69,84	2,14	5,41	8,65
E5	8,93	75.066	367,07	12,23	0,18	65,33	2,20	6,31	6,58
E6	5,24	115.900	276,78	8,72	0,09	47,04	ND	4,43	4,92
E7	1,04	86.508	159,95	6,05	0,04	24,60	ND	1,77	3,54
E8	0,69	70.084	85,57	3,70	0,01	183,40	ND	1,13	1,96
E9	7,91	105.548	380,18	11,09	0,13	104,85	1,44	5,61	6,76
E10	5,20	121.239	181,37	8,77	0,03	50,41	2,42	4,28	5,04
E11	11,01	60.396	432,09	15,20	0,13	107,06	7,56	6,82	9,43
E12	1,09	67.721	55,81	5,35	0,06	28,22	ND	1,59	5,00
E13	1,05	85.991	109,63	6,12	0,04	70,37	ND	1,45	3,34
E14	0,89	11.125	158,15	4,87	ND	70,40	ND	1,26	2,63
Máx.	16,91	121.239	432,09	15,20	0,37	183,40	7,56	6,82	9,43
Mín.	0,69	11.125	55,81	3,70	ND	24,60	ND	1,13	1,96
Prom.	4,71	81.081	203,83	7,92	0,10	73,44	1,13	3,32	4,90
DE	4,89	30.067	117,85	3,69	0,10	39,88	2,09	2,08	2,22

E=estación, ND=no detectado, Máx.=máximo, Mín.=mínimo, Prom.=promedio, DE=desviación estándar

Índices de Riesgo Ecológico

Concentración de Efectos Límite (CEL) y Concentración de Efectos Probables (CEP)

En la Tabla 6 se muestran las concentraciones de metales pesados. Se ha resaltado los valores mayores al CEL en gris claro, mientras que las gris oscuras indican las concentraciones por encima del CEP. Para el Orinoco medio en el año 2016 se determinó unos valores por encima del CEL (1,39 $\mu\text{g.g}^{-1}$) solo para el Cd en la estación (E1) la cual se ubica en la confluencia de los ríos Apure-Orinoco y para el Zn en las estaciones 3 (128,13 $\mu\text{g.g}^{-1}$), 4 (132,76 $\mu\text{g.g}^{-1}$) (río Apurito), 8 (179,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$) (laguna la Arenosa), 10 (128,37 $\mu\text{g.g}^{-1}$) y 11 (163,97 $\mu\text{g.g}^{-1}$), mientras que para en el año 2017 se obtuvo un valor mayor al límite CEL solo para el Zn en la estación número 8 (183,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$), siendo esta la estación más cercana a la laguna la Arenosa.

Tabla 6. Concentración de Efectos Límite (CEL) y Concentración de Efectos Probables (CEP) en el río Orinoco durante los años 2016 y 2017.

ECOSISTEMA	E	Cu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
ORINOCO MEDIO 2016	E1	12,35	13,64	1,39	74,31	6,85
	E2	1,38	4,33	0,39	19,95	0,23
	E3	17,3	20,19	0,28	128,13	7,38
	E4	18,37	21,67	0,25	132,76	9,61
	E5	1,45	5,86	0,01	102,42	ND
	E6	2,83	8,27	ND	68,06	ND
	E7	2,17	5,6	0,01	89,01	15,75
	E8	8,14	14,02	0,04	179,5	5,83
	E9	4,25	9,49	0,1	89,39	ND
	E10	10,52	15,54	0,08	128,37	4,86
	E11	9,04	14,47	0,04	163,97	3,63
	E12	0,76	4,95	0,02	56,89	ND
	E13	1,12	4,31	0,06	71,2	ND
	E14	1,18	4,04	0,07	60,94	ND
	Máx.	18,37	21,67	1,39	179,5	15,75
	Min.	0,76	4,04	0,01	19,95	ND
ORINOCO MEDIO 2017	E1	2,42	6,27	0,09	52,46	ND
	E2	1,84	5,27	0,37	66,01	ND
	E3	1,71	3,98	0,04	88,15	ND
	E4	16,91	13,29	0,16	69,84	2,14
	E5	8,93	12,23	0,18	65,33	2,2
	E6	5,24	8,72	0,09	47,04	ND
	E7	1,04	6,05	0,04	24,6	ND
	E8	0,69	3,7	0,01	183,4	ND
	E9	7,91	11,09	0,13	104,85	1,44
	E10	5,2	8,77	0,03	50,41	2,42
	E11	11,01	15,2	0,13	107,06	7,56
	E12	1,09	5,35	0,06	28,22	ND
	E13	1,05	6,12	0,04	70,37	ND
	E14	0,89	4,87	ND	70,4	ND
	Máx.	16,91	15,2	0,37	183,4	7,56
	Min.	0,69	3,7	ND	24,6	ND

E=estación, ND=no detectado, Máx.=máximo, Min.=mínimo

Cociente de Peligro Modificado (mHQ)

Para el año 2016 los valores mostraron un gradiente decreciente, $\text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Pb}$, teniendo como valor mínimo 0,41 y máximo 1,10. Mientras que durante el año 2017 en el río

Orinoco a pesar de mantener mismo orden que el apreciado para el año 2016 el rango osciló de 0,22 a 0,96 (Tabla 7).

Índice de Contaminación Ecológica (ECI)

Este índice muestra un único valor para cada ecosistema, el cual el Orinoco medio en el año 2016 fue de 4,17 y durante el año 2017 el valor fue de 3,35 (Tabla 7).

Tabla 7. Cociente de Peligro Modificado (mHQ) e Índice de Contaminación Ecológica (ECI) en los diferentes ecosistemas estudiados durante los años 2016 y 2017.

ECOSISTEMAS	METAL	CON.PROM.METAL ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	PEL	SEL	TEL	mHQ	ECI
ORINOCO MEDIO, 2016	Cd	0,19	3,53	10	0,60	0,63	4,17
	Cr	5,4	90	110	37,3	0,50	
	Cu	6,49	197	110	35,7	0,52	
	Pb	3,87	91,30	250	35	0,41	
	Ni	10,46	36	75	18	1,01	
	Zn	97,49	315	820	123	1,10	
ORINOCO MEDIO, 2017	Cd	0,1	3,53	10	0,60	0,45	3,35
	Cr	3,32	90	110	37,30	0,40	
	Cu	4,71	197	110	35,7	0,45	
	Pb	1,13	91,30	250	35	0,22	
	Ni	7,92	36	75	18	0,87	
	Zn	73,44	315	820	123	0,96	

DISCUSIÓN

El orden determinado en los metales pesados para el Orinoco medio fue muy similar en ambos años de estudio con una pequeña variación en el gradiente de concentración para el Co y Cu. Para el año 2017 la distribución siguió un orden decreciente $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd}$, mientras que para el año 2016 fue, $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Co} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd}$, cabe destacar que el orden obtenido para el año 2016 fue el mismo reportado por Márquez *et al.* (2012) en los años 2001 y 2002.

Al comparar las concentraciones de metales pesados para el Orinoco medio durante el año 2016, con el efecto limite (CEL), se apreciaron valores por encima de este parámetro para los metales Cd y Zn en la zona más influenciada por los tributarios Apure y Apurito, así como, en los puntos

ubicados aguas abajo a estas estaciones. Esto refleja el impacto de estos cuerpos de agua sobre el Orinoco medio. Para el año 2017 el Orinoco solo se determinó un valor por encima del CEL para el Zn en la estación 8 (laguna la Arenosa), indicando que el aporte de los ríos tributarios disminuyó su aporte para este año o el nivel del río incremento y lavó los sedimentos del Orinoco.

El cociente de peligro modificado (mHQ) presentó un gradiente decreciente en el Orinoco medio, el gradiente fue $Zn > Ni > Cd > Cu > Cr > Pb$, donde para el año 2016 las clasificaciones obtenidas fueron para Zn y Ni riesgo bajo de contaminación, mientras que para Cr, Cd y Cu el riesgo fue muy bajo, y para Pb fue casi nulo, mientras que los valores determinados para el año 2017 fueron los más bajos reportados para este índice, ya que para Ni y Zn el riesgo de contaminación fue muy bajo y para el resto de los metales fue prácticamente nulo.

El Índice de Contaminación Ecológica (ECI), el cual engloba la posible contaminación de todos los metales estudiados en el cociente de peligro modificado, arrojó un valor único para la clasificación de contaminación. El río Orinoco presentó durante el año 2016 una clasificación de 4,17; dentro del rango de 4 a 5, lo cual representa un grado de contaminación que va de moderado a considerablemente contaminante. Por otra parte, para el año 2017 en río Orinoco el valor de este índice fue 3,35 localizándose entre el rango 3 a 4, lo cual evidencia un riesgo que va de ligero a moderadamente contaminante. En la presente investigación, los dos últimos índices de riesgo ecológico utilizados, Cociente de Peligro Modificado (mHQ) e Índice de Contaminación Ecológica (ECI), son índices que se están utilizando por primera vez en Venezuela para estudiar los impactos ambientales.

Los resultados derivados del Índice de Contaminación Ecológica corroboran lo que han estado indicando la mayoría de los índices de calidad de sedimentos analizados, que los riesgos de contaminación en el río Orinoco disminuyeron desde el año 2016 al 2017, posiblemente esto ocurrió a causa del cese de vertidos antropogénicos en la zona en este intervalo de tiempo, o un posible aumento en el nivel del río pudo remover del sedimento estos contaminantes.

RECOMENDACIONES

Se recomienda una periódica evaluación de riesgo ambiental por metales pesados tanto en los sedimentos, el agua y los organismos del ecosistema estudiado, ya que los efectos derivados de la contaminación siguen la cadena trófica y puede afectar a la población acentuada en las zonas aledañas, además este ambiente forma parte de los grandes ríos del mundo, siendo el Orinoco el principal río de Venezuela y uno de los principales de Latinoamérica.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Oceanográfico de Venezuela, en especial al personal del Departamento de Oceanografía, así como, al Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente, Caicara del Orinoco, estado Bolívar, por todo el apoyo y colaboración prestado para la realización de esta investigación. Agradezco también a Fundacite Guayana por el financiamiento del proyecto: Determinación de las concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos del Orinoco medio (código 06000), del cual corresponden los datos empleados en la presente investigación, igualmente al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el aporte de algunos incentivos. A todas y cada una de las personas que pusieron un granito de arena para el logro de esta investigación.

REFERENCIAS

- Abdel- Ghani, N. T. & G. A. Elchaghaby. 2007. Influence of operating conditions on the removal of Cu, Zn, Cd and Pb ion from wastewater by adsorption. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 4(4). 451-456.
- Benson, N. U., A. E. Adedapo, O. H. Fred-Ahmadua, A. B. Williams, E. D. Udosen, O. O. Ayejuyo, A. A. Olajire. (2018). A new method for assessment of sediment-associated contamination risks using multivariate statistical approach. *MethodsX* 5. 268-276.
- Duncan, A. E., N. de Vries & K. B. Nyarko. 2018. Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments of the River Pra and Its Tributaries. *Water. Air. Soil Pollut.* 229:272.
- Lewis, B. & W. Landing. 1992. The investigation of dissolved and suspended particulate trace metals fractionation in the Black Sea. *Mar. Chem.* 40: 105-141.
- Liu, H., B. Gao, X. Luo, J. Jiao, H. Qin, C. Zhang & Y. Dong. 2018. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Water near a Uranium Tailing Pond in Jiangxi Province, South China. *Sustainability*.10: 1004-1113.
- Lu, G. B. Wang, C. Zhang, S. Li, J. Wen, G. Lu, C. Zhu, & Y. Zhou. 2018. Heavy metals contamination and accumulation in submerged macrophytes in an urban river in China. *Int. J. Phytoremediat.* 20 (8): 839-846.
- Macdonalds, D. D., C. G. Ingersoll & T. A. Berger. 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39: 20-31.
- Márquez A., O. García, W. Senior, G. Martínez, Á. González & I. Fermín. 2012. Metales pesados en sedimentos superficiales del río Orinoco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 51(1): 3-18.

- Oyuela-Leguizamo, MA., W.D. Fernández-Gómez & M.C. Gutiérrez-Sarmiento. 2017. Native herbaceous plant species with potential use in phytoremediation of heavy metals, spotlight on wetlands: A review. *Chemosphere*. 168:1230-1247.
- Rezania, S., M. T. Shazwin, F.D. Mohd, A.D. Farrah & K. Hesam. 2016. Comprehensive review on phytotechnology: Heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *J. Hazard. Mater.* 318: 587-599.
- Shen, F., Longjiang, S. Runxia, D. Jijing, T. Zhihai & D. Min. 2019. Contamination Evaluation and Source Identification of Heavy Metals in the Sediments from the Lishui River Watershed, Southern China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 16 (336):1-15.
- Singh, S., R. Pandey, S. K. Singh & D. N. Shukla. 2017. Assessment of heavy metal contamination in the sediment of the River Ghaghara, a major tributary of the River Ganga in Northern India. *Appl. Water Sci.* 7:4133-4149.
- Sung Mi Kim, B., J. L. Friedmann Angeli, P. Alves Lima Ferreira, M. Michaelovich de Mahiques & R. Cesar Lopes Figueira. 2018. Critical evaluation of different methods to calculate the Geoaccumulation Index for environmental studies: A new approach for Baixada Santista - Southeastern Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* 127: 548-552.
- Tamim, U., R. Khan, Y. N. Jolly, K. Fatema, S. Das, K. Naher, M. A. Islam, S. M. A. Islam & S. M. Hossain. 2016. Elemental distribution of elements in urban river sediments near an industrial effluent source. *Chemosphere*. 155: 509-518.
- Wojciechowska, E, N. Nawrot, J. Walkusz-Miotk, K. Matej-Lukowicz & K. Pazdro. 2019. Heavy Metals in Sediments of Urban Streams: Contamination and Health Risk Assessment of Influencing Factors. *Sustainability*. 11 (563):1-14.

Suavización no lineal resistente para el análisis del ciclo reproductivo del gasterópodo *Opeatostoma pseudodon*, Puerto Ángel, Oaxaca, México

Nonlinear resistant smoothing to analyze the reproductive cycle of the gastropod *Opeatostoma pseudodon*, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte*, Verónica Mitsui Saito-Quezada

Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Iztapalapa, Ciudad de México.

Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte   isalgado@unam.mx

RESUMEN | En los datos cuyo orden secuencial es significativo muchas veces es de esperar un patrón de variación gradual. En la práctica, los valores registrados suelen presentar desviaciones (pequeñas o grandes) las cuales hacen difícil el reconocimiento del patrón subyacente. Tradicionalmente, para facilitar el reconocimiento de los patrones se han utilizado las "medias móviles", las cuales presentan inconvenientes como la falta de resistencia a casos extraordinarios y desfase de picos y valles. Como alternativa para solucionar estos problemas se ha propuesto el uso de las "medianas corregidas" y la definición de "suavizadores compuestos". En este trabajo se presenta la aplicación del suavizador compuesto "4253EH, doble" aplicado al análisis de la frecuencia mensual de estadios gonádicos histológicos de individuos del gasterópodo *Opeatostoma pseudodon* que se captura artesanalmente en Puerto Ángel, Oaxaca, México. Los valores suavizados en combinación con la correlación cruzada de las secuencias mensuales de madurez proporcionaron evidencia para reconocer claramente la secuencia madurez-expulsión (desove)-reposo y que, a lo largo del año, las hembras toman tres meses y los machos un mes para alcanzar la madurez pero, que después del desove (expulsión), la fase de reposo en los machos dura cuatro meses mientras que en las hembras sólo tres.

Palabras clave | suavización resistente, madurez gonádica, correlación-cruzada, ciclo reproductivo

ABSTRACT | Often, in the analysis of data with significant sequential order a gradual variation pattern is expected. In practice, the registered values commonly present deviations (small or big) which make difficult to recognize the subjacent pattern. Traditionally, to facilitate the pattern recognition “moving averages” have been employed, which present drawbacks as the lack of resistance to outliers and peak and trough shifting. As an alternative to solve these problems the use of “running medians” and “compound smoothers” have been proposed. In this work it is presented the compound smoother “4253EH,twice” applied to analyze the monthly frequency of histological gonadic stages of the gastropod *Opeatostoma pseudodon* from the artisanal capture at Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico. The smoothed values, in combination with cross-correlation of maturity monthly sequences provided evidence to easily recognize the maturity-spawning-resting sequence and that throughout the year females took three months and males one month to attain maturity but, after spawning, male resting stage lasted four months while females only three.

Keywords | resistant smoothing, gonadic maturity, cross-correlation, reproductive cycle

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la exploración y el análisis de datos es la búsqueda de patrones el cual suele estar obscurecido por "ruido" en los valores considerados.

Para los datos cuyo orden secuencial es importante es de esperar un patrón de variación gradual. Como ejemplos, además de las series de tiempo (registros meteorológicos diarios, temperatura corporal diaria de vacas, número mensual de manchas solares) es posible considerar otras variables en la definición del ordenamiento (resistividad a lo largo de una perforación geológica) (Figura 1 línea color claro gruesa).

Los suavizadores descomponen la secuencia en una secuencia "estructurada", suave, de variación gradual y otra "ruidosa", rugosa, muy variable. Es así como se puede utilizar la siguiente variante de la expresión general del modelo estadístico (ecuación DAR):

$$\text{Datos} = \text{suaves} + \text{rugosos}$$

Tradicionalmente para la suavización de secuencias se han utilizado a los promedios (medias) móviles. Sin embargo, éstos manifiestan algunas inconveniencias destacando su falta de resistencia a casos extraordinarios y el desfase de picos y valles (Figura 2).

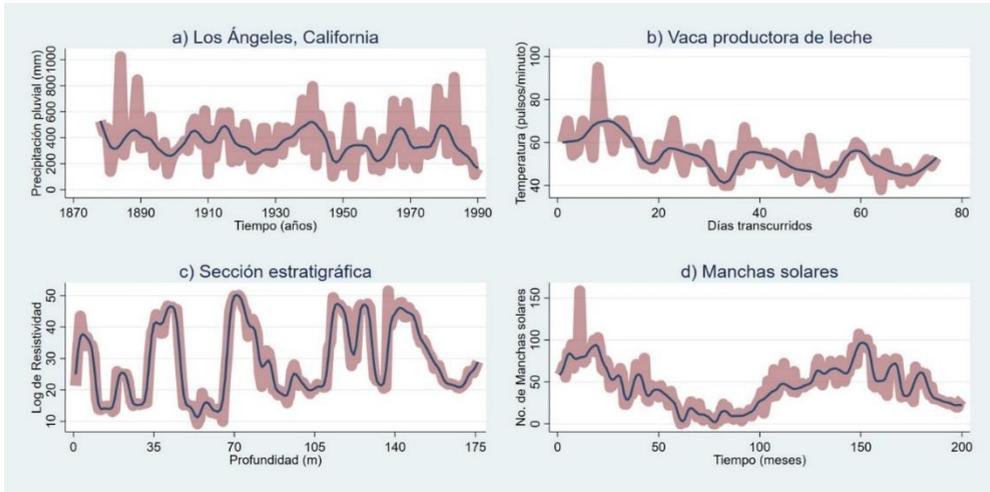


Figura 1. Ejemplos de series de datos y suavización

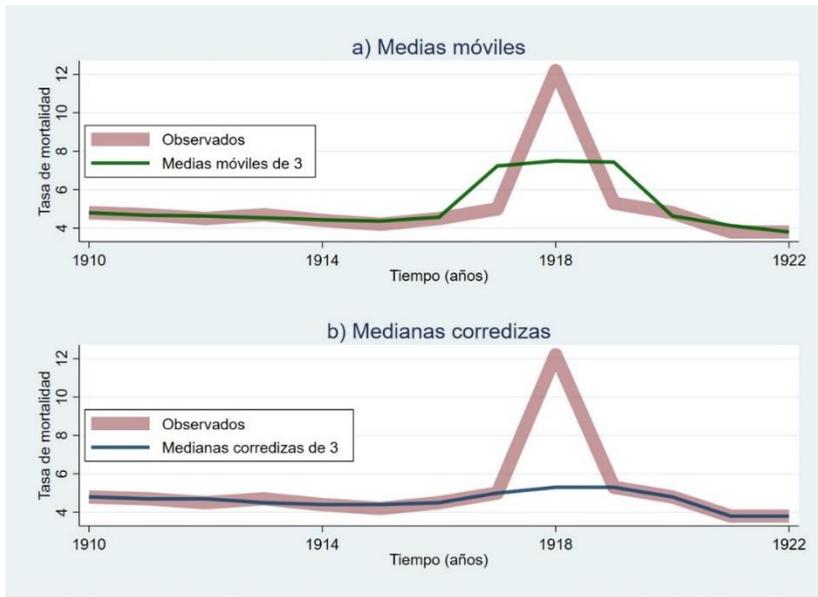


Figura 2. Falta de resistencia de medias móviles y resistencia de medianas corregidas

Tukey (1977) propuso la utilización de medianas móviles para obtener resistencia a los datos extraordinarios. Para mejorar el resultado se aplica un suavizador a una secuencia previamente suavizada, procedimiento que Tukey denominó “re-suavización” para construir un “suavizador compuesto” (Figura 1, línea oscura delgada).

El estudio del ciclo reproductivo es uno de los tópicos fundamentales en las pesquerías ya que proporciona información importante en la determinación del mejor momento de captura para evitar el agotamiento de sus poblaciones. A pesar de que *Opeatostoma pseudodon* (caracol colmillo de perro) es una de las especies que se captura para consumo humano en las costas de Oaxaca poco se sabe acerca de su reproducción.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se presenta el análisis de la frecuencia de estadios gonádicos histológicos de 179 individuos adultos (92 machos y 87 hembras) de *O. pseudodon* provenientes de la captura artesanal de enero de 2014 a noviembre de 2015 en litorales rocosos en las vecindades de Puerto Ángel, Oax. México (Figuras 3 y 4).

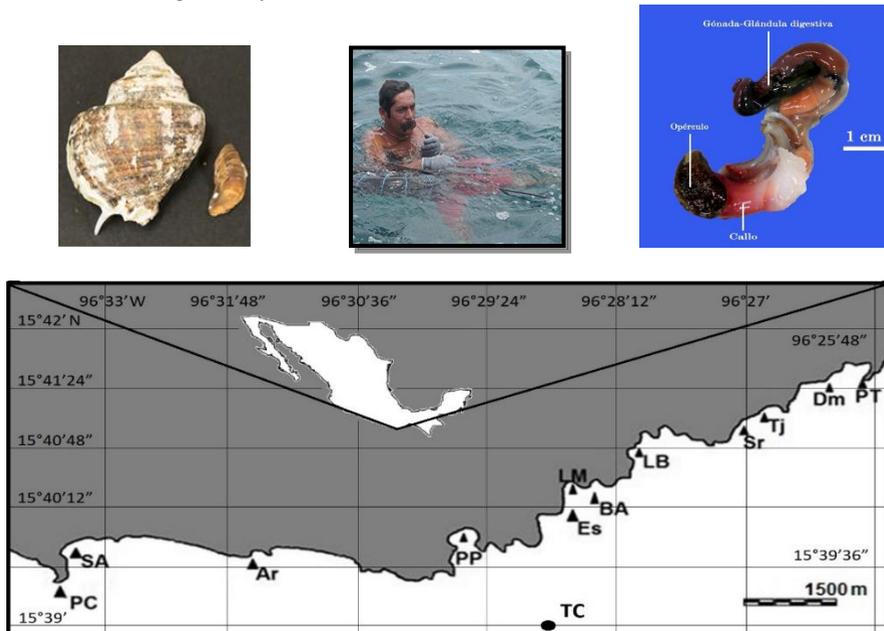


Figura 3. *Opeatostoma pseudodon*, captura por buceo libre, partes blandas y zona de estudio.

Para buscar y aclarar los patrones de las frecuencias de madurez gonádica a lo largo del periodo de estudio se aplicó el suavizador no lineal resistente compuesto “4253eh,doble” el cual combina los resultados suaves de las medianas corredizas de amplitud par (4,2), la resistencia de las medianas corredizas impares (5,3), con el ajuste de puntos terminales (E), el “Hanning” suavizador de media ponderada (h) y el “re-roughing” (adición de los valores rugosos suavizados a los valores suavizados de los datos). Para su cálculo se programaron las rutinas requeridas en los lenguajes del programa Stata (StataCorp, 2021) y R (R Core Team, 2018), (Salgado-Ugarte y Curts-García, 1992;1993; Goud, 1992; Salgado-Ugarte y Saito-Quezada, 2020).

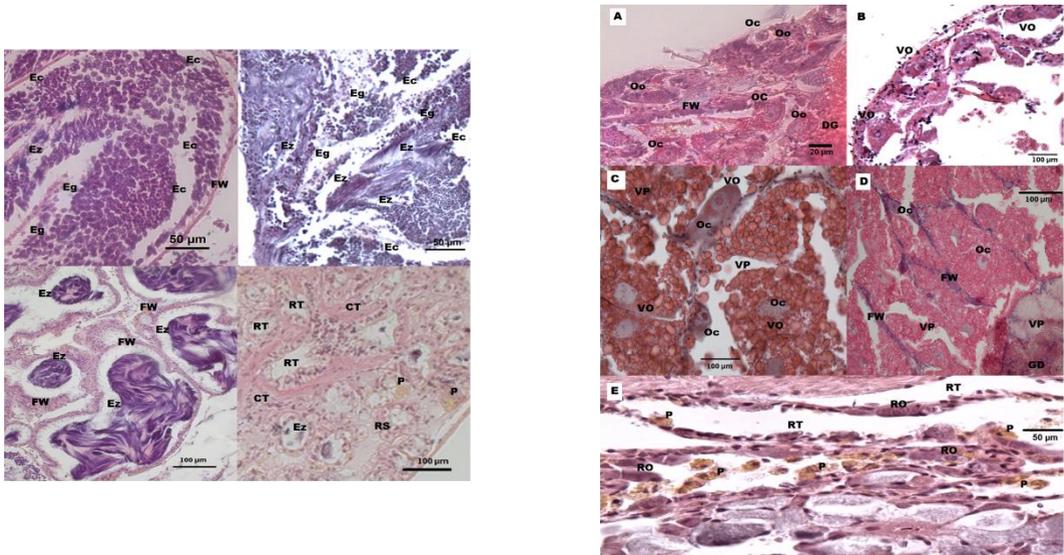


Figura 4. Fases histológicas de madurez de machos (izquierda) y hembras (derecha) de *O. pseudodon* del litoral rocoso aledaño a Puerto Ángel, Oaxaca, México

RESULTADOS

Los porcentajes mensuales de las fases de madurez gonádica suavizados de hembras y machos de *O. pseudodon* registradas a lo largo del periodo de estudio y la correlación cruzada de las series se presentan en las Figuras 5 (machos) y 6 (hembras):

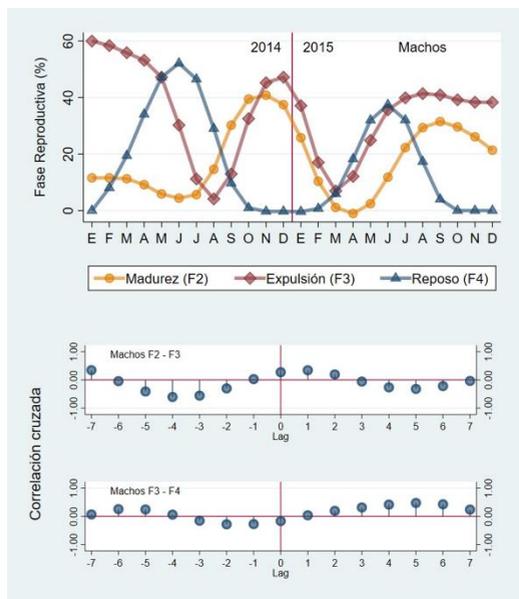


Figura 5. Valores suavizados y correlación cruzada (machos)

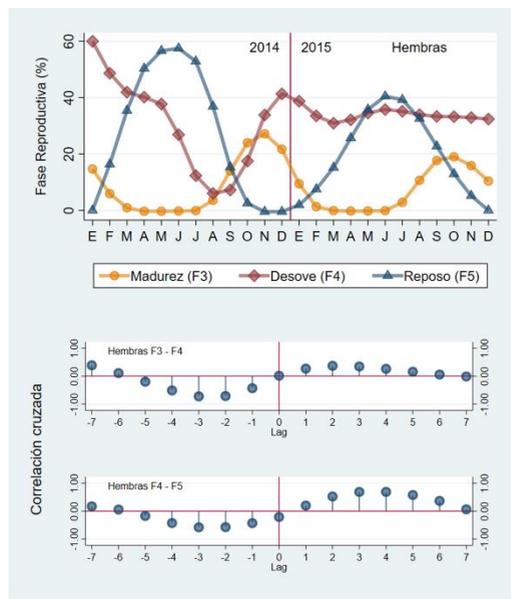


Figura 6. Valores suavizados y correlación cruzada (hembras)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los valores suavizados de las frecuencias de fases gonádicas y el análisis de correlación cruzada proporcionaron evidencia para reconocer claramente la secuencia madurez-expulsión (desove)-reposo y que a lo largo del año las hembras toman más tiempo (tres meses) que los machos (un mes) para alcanzar la madurez, pero que después del desove (expulsión), los machos en fase de reposo reproductivo duran cuatro meses, mientras que las hembras tan sólo tres.

Agradecimientos

En el desarrollo de las actividades que se presentan en este trabajo, se recibió apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico a través del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación y (proyectos PE206213, RL200316, PE207417, PE209120 y PE204822) del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (proyecto IG201215) y de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

- Gould, W, 1992. sed7.1: Resistant smoothing using Stata. *Stata Technical Bulletin* 8: 9-12.
- R Core Team, 2018. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Salgado-Ugarte IH y J Curts-García, 1992. Resistant smoothing using Stata. *Stata Technical Bulletin* 7: 8-11.
- Salgado-Ugarte IH y J Curts-García, 1993. Twice reroughing procedure for resistant nonlinear smoothing. *Stata Technical Bulletin* 11: 14-16.
- Salgado-Ugarte IH 2013. *Métodos Estadísticos Exploratorios y Confirmatorios para Análisis de Datos. Un Enfoque Biométrico*. DGAPA y FES Zaragoza, UNAM, México: 102-129.
- Salgado-Ugarte IH y VM Saito-Quezada, 2020. *Métodos Cuantitativos Computarizados para Biología Pesquera*. DGAPA y FES Zaragoza UNAM, México: 383-385.
- StataCorp, 2021. *Stata: Release 17. Statistical Software*. College Station, TX: StataCorp LLC.
- Tukey, J. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading. EUA.
- Velleman, PF y DC Hoaglin, 1981. *Applications, Basics, and Computing of Exploratory Data Analysis*. Duxbury Press: 41-63.



Evaluación de la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el humedal el Hato

Evaluation of the temporal and spatial variation of the physicochemical and biological parameters in the Hato wetland

Anais Diaz^{1*}, Arístide Marquez², Helena Hernández³

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Oceanografía,
Universidad de Oriente, Venezuela
aristd@gmail.com; hernandezlna@gmail.com

Anais Diaz   anaisd1990@gmail.com

RESUMEN | El humedal El Hato, es un biotopo dulceacuícola permanente de agua continental, con paisaje cárstico, sometido al régimen de sequía y lluvia prevaleciente en la geografía del Estado Nueva Esparta. En esta investigación se evaluó la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, oxígeno aparente, nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicatos nitrógeno oxidado, nitrógeno total y clorofila a) en el humedal el Hato, Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela. El estudio se realizó durante el año 2015, con 5 estaciones, en dos estratos, a los 10 cm de la superficie y a 20 cm del fondo aproximadamente. Los resultados del Tes de Levene, mostraron diferencias estadísticas significativas estacionales para la temperatura, salinidad, OD, UAO, Clorofila a, PO_4^{3-} ; sin embargo, los SiO_4^{4-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , NO_x , NIT no mostraron discrepancia ente sus medias. De manera temporal, al considerar la variabilidad de los parámetros durante los meses de muestreo, las discrepancias estadísticas se reflejaron en la mayoría de los parámetros, a excepción de la temperatura, SiO_4^{4-} , y NO_x . Mientras que en los niveles de profundidad solo se observó diferencias significativas en la oxígeno disuelto, UAO, PO_4^{3-} , NH_4^+ , y NIT. Mediante el análisis de correlación de Spearman, se estableció una asociación positiva muy fuerte entre la concentración del NO_x , con el NH_4^+ y NIT. Para el caso de la correlación positiva considerable se encontraron la temperatura con oxígeno disuelto, PO_4^{3-} y SiO_4^{4-} ; NO_2^- con PO_4^{3-} y SiO_4^{4-} ; PO_4^{3-} con NO_x . Además de la correlación negativa fuerte entre el oxígeno disuelto y el UAO; ya que a medida que aumenta el oxígeno disuelto por medio de la actividad fotosintética, el UAO arroja valores negativos que indican fotosíntesis. Por tanto, en el cuerpo de agua

Palabras clave |
biotopo,
dulceacuícola,
humedal.

predominó la actividad fotosintética, espacial y temporalmente, por medio de las variaciones de nutrientes y temperatura en el cuerpo de agua.

ABSTRACT | The El Hato wetland is a permanent freshwater biotope of continental water, with a karstic landscape, subjected to the prevailing drought and rain regime in the geography of Nueva Esparta State. In this investigation, the temporal and spatial variation of the physicochemical and biological parameters (temperature, salinity, dissolved oxygen, apparent oxygen, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, oxidized nitrogen silicates, total nitrogen and chlorophyll a) in the El Hato wetland was evaluated. , Margarita Island, Edo. New Sparta, Venezuela. The study was carried out during 2015, with 5 stations, in two strata, at 10 cm from the surface and approximately 20 cm from the bottom. The results of the Levene Test showed statistically significant seasonal differences for temperature, salinity, DO, UAO, Chlorophyll a, PO_4^{3-} ; however, SiO_4^{4-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , NO_x , NIT showed no discrepancy between their means. Temporally, when considering the variability of the parameters during the sampling months, the statistical discrepancies were reflected in most of the parameters, with the exception of temperature, SiO_4^{4-} , and NO_x . While at depth levels only significant differences were observed in dissolved oxygen, UAO, PO_4^{3-} , NH_4^+ , and NIT. Using Spearman's correlation analysis, a very strong positive association was established between the NO_x concentration, with NH_4^+ and NIT. In the case of considerable positive correlation, the temperature with dissolved oxygen, PO_4^{3-} and SiO_4^{4-} NO_2^- with PO_4^{3-} and SiO_4^{4-} were found; PO_4^{3-} with NO_x . In addition to the strong negative correlation between dissolved oxygen and UAO; since as the dissolved oxygen increases through photosynthetic activity, the UAO yielded negative values that indicate photosynthesis. Therefore, in the body of water the photosynthetic activity predominated, spatially and temporally, through the variations of nutrients and temperature in the body of water.

Keywords |
biotope,
freshwater,
wetland.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas en los cuales los procesos biológicos y geoquímicos, se controlan según el grado de saturación del agua, el clima y la disponibilidad de nutrientes (ENRÍQUEZ y CREMONA 2017). Estas áreas pueden estar cubiertas parcial o completamente por aguas poco profunda, como pueden ser los pantanos, las marismas y los manglares. Además de ser ecosistemas complejos que actúan como interfase entre los hábitats terrestres y los acuáticos; ricos en biodiversidad y altos en productividad que exportan grandes cantidades de nutrientes.

Debido a su carácter megadiverso, Venezuela cuenta con una amplísima variedad de ecosistemas

y ambientes naturales, entre ellos destacan los humedales, que suman 158 en todo el país (MARIÑA. E, 2020), dentro de los cuales se encuentra el Monumento Natural Laguna de las Marites, constituida por un sistema lagunar y/o humedales, dentro de las cuales se encuentra el humedal El Hato (Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Monumento Natural Laguna de Las Marites 2009).

El humedal el Hato, es catalogado de importancia regional, ya que representa un biotopo dulceacuícola permanente, por su somera profundidad y por la ausencia de industrias en su entorno, constituye una zona idónea para poder determinar la evolución de las variables que controlan la producción primaria planctónica durante la transición de los 12 meses del año, en la que se producen cambios sustanciales en la concentración de nutrientes, además de que son ecosistemas sensibles a cambios en la calidad del agua y comunidades biológicas por cambios en el uso del suelo (Schiller *et al.*, 2007).

Considerando lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

General:

Evaluar la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, oxígeno aparente, nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicatos, nitrógeno oxidado, nitrógeno total y clorofila a) en el humedal el Hato, Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela.

Específico:

Determinar los parámetros fisicoquímicos y biológicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, oxígeno aparente, nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicatos, nitrógeno oxidado, nitrógeno total y clorofila a), en el humedal el Hato.

Analizar los parámetros fisicoquímicos y biológicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, oxígeno aparente, nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicatos, nitrógeno oxidado, nitrógeno total y clorofila a), en el humedal el Hato.

Interpretar las variaciones estadísticas temporales y espaciales del humedal de los diferentes parámetros fisicoquímicos evaluados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se efectuaron salidas mensuales, durante doce meses del año 2015, se fijaron cinco (5) estaciones utilizando GPS marca Garmin. En cada estación, se tomaron muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y biológicos en dos estratos de profundidad, una a 10 cm de la superficie y a 20 cm del fondo aproximadamente. La temperatura (°C), el oxígeno disuelto, la salinidad, se midieron in situ utilizando una sonda multiparamétrica YSI, modelo 600R, acoplada a un capturador de datos

YSI 650 DMS.

Se recolectaron 5 L de agua en envases plásticos lavados previamente con HCl al 10% en cada estrato para determinar la concentración de nutrientes, nitrito, nitrato, amonio, fosfato y silicatos y clorofila a. Todas las muestras fueron conservadas y preservadas en una cava con hielo donde posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de Calidad Ambiental del Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA), para finalmente ser analizadas.

Análisis de Laboratorio

Nitratos (NO₃-)

Se aplicó el método modificado por Grasshoff (1964), optimizado por Strickland y Parson (1972), con un límite de detección de 0,04 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ y una precisión de $\pm 0,01 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Se tomó 25 mL de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45 μm , y se colocaron en una fiola de 125 mL, se añadió 75 mL de solución de EDTA. Luego se pasó 100 mL de la solución por una columna reductora de cobre-cadmio a un ritmo no mayor de 10 mL por minuto. Los primeros 25 mL fueron desechados, luego se tomaron los 50mL siguientes y se vertieron a un tubo de ensayo desechándose los otros 25 mL. El NO₃⁻ se redujo casi cuantitativamente a NO₂⁻ en presencia de cadmio (Cd) comercial en gránulos tratado con CuSO₄ y como relleno de una columna de vidrio. Se midió absorbancia a 543 nm mediante el uso de espectrofotómetro frente a un blanco. Posteriormente se procedió a realizar los cálculos con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\text{Abs} - b}{m}$$

Dónde:

C: Concentración de la muestra en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Abs: Absorbancia de la muestra corregida.

b: Intersecto.

m: Pendiente de la curva de regresión.

Nitritos (NO₂-)

Se usó el método descrito por Bendschneider y Robinson (1952). La muestra de agua fue filtrada con una membrana de 0,45 μm , para eliminar los sólidos suspendidos; se tomó una alícuota de 25 mL, se agregó en un tubo de ensayo con unas gotas de HCl para el ajuste del pH, se le añadió 1 mL de reactivo colorante (0,1 g N-1 naftiletildiamina tetra-aceato de sodio, 1g sulfanilamida, 10 mL de ácido fosfórico) y se esperó entre 10 min a 2 horas hasta el desarrollo de un color rosáceo producto de la reacción del ion del NO₂⁻ que reaccionó con la sulfanilamida y produjo un compuesto diazo, que se acopló con diclorhidrato de N-1naftiletildiamina. Finalmente se siguió el procedimiento para NO₃⁻.

Amonio (NH₄+)

Se empleó el método de Koroleff (1969). La precisión fue de $\pm 0,01\mu\text{mol.L}^{-1}$. Este método describió la totalidad del nitrógeno amoniacal (N-NH_3^+ N-NH_4). El amoníaco formó un monocloroamina con el hipoclorito en medio ligeramente básico, éste reaccionó con el fenol en presencia de un exceso de hipoclorito que formó el azul de indofenol que absorbió a 640 nm. Se tomaron 25 mL de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45 μm , y se le añadió 1 mL de fenol, 1mL de nitroprusiato de sodio, 2,5 mL de solución oxidante (citrato alcalino e hipoclorito de sodio comercial al 5%). Se cubrió la boca del tubo de ensayo con envoplast para evitar la evaporación del fenol y luego se guardó en la oscuridad a temperatura ambiente por una hora y finalmente se midió la absorbancia del complejo fenólico de color azul a 640nm.

Nitrógenos oxidados (NOx) y totales (NTI)

Los valores de NO_2^- y NO_3^- se agruparon en nitrógenos oxidados ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- = \text{NOx}$) y el nitrógeno total inorgánico (NTI) se obtuvo de la sumatoria de los $\text{NOx} + \text{NH}_4^+$ (Abel B. *et. al.*, 2012).

Fosfatos (PO_4^{3-})

Se utilizó el método de Murphy y Riley (1962). La gama de concentraciones medidas según Koroleff (1976) fue muy extendida y comprendió de 0,02 a 28 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. El método presentó tiene una precisión de $\pm 0,01 \mu\text{mol. L}^{-1}$. Se tomaron 25 mL de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45 μm , y se le añadió 4 mL de reactivo combinado (ácido sulfúrico, molibdato de amonio, potasio de antimonio tartárico, ácido ascórbico). Luego al transcurrir un tiempo de 10-30 min, cuando la muestra formó un complejo azul de fósforo-molibdeno, se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro a 885 nm.

Silicatos (SiO_4^{4-})

Se determinaron por el método de Mullin y Riley (1955), adaptado por Strickland y Parson (1972). Presentó una precisión de $\pm 0,01\mu\text{mol.L}^{-1}$. Se tomaron 25 mL de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45 μm , se le agregaron 2 mL de solución molibdato de amonio, se mezcló, al menos seis veces, y se dejó reposar durante cinco minutos. Luego, se añadió 2 mL de solución ácido oxálico, se repitió el mezclado vigorosamente y se dejó reposar por 15 minutos para medir en un espectrofotómetro a una absorbancia de 410 nm.

Clorofila a (ch-a)

Se utilizó el método de Lorenzen (1966). Se filtró a través de un filtro de fibra de vidrio en el cual quedaron retenidos los organismos del fitoplancton. Se le adicionó 2 gotas de carbonato de magnesio (MgCO_3) al filtro para posteriormente almacenarlo en el refrigerador a -20°C . Luego se le agregó 3 mL de acetona al 90%, dejándolo 24 horas en la oscuridad, se centrifugó y ajustó el volumen para así medir la absorbancia a 665 y 750 nm. Seguidamente se agregaron dos gotas de HCl, nuevamente se midió la absorbancia a 665 y 750 nm en un espectrofotómetro. Finalmente se

realizaron los cálculos con la siguiente fórmula (Strickland y Parsons 1972).

$$chl - a = \frac{27,63(665_0 - 665_a)(V_a)}{V_M * L}$$

Dónde:

665₀: Absorbancia a 665 antes de acidificar.

665_a: Absorbancia después de acidificar.

V_a: Volumen de acetona para la extracción (mL).

V_M: Volumen de agua filtrada (L).

L: Longitud de celda fotométrica (cm).

Análisis estadísticos

Las muestras fueron agrupadas en factores, como estaciones, estratos de profundidad y meses. Se reportaron los valores de los estadísticos, máximos, mínimos y promedios, durante el año 2015. Se verificó en primer lugar la normalidad de los datos mediante los tests de Shapiro-Wilk y de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba de Levene para probar la existencia de homocedasticidad de varianzas, además de se aplicó la correlación de Spearman para conocer el grado de asociación entre las variables y determinar las posibles dependencias o independencias de dos variables aleatorias.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando los paquetes STATGRAPHICS Centurión 16.103 y XLStat-Pro-v 7.5.2 acoplado al Microsoft Excel 2010, además del SPSS Software/ IBM versión.

RESULTADOS

A continuación se describen los valores promedios y el rango de los parámetros a nivel temporal: Temperatura (T), Salinidad (S), Oxígeno Disuelto (OD), Oxígeno aparente (UAO), Nitrato (NO₃⁻), Nitrito (NO₂⁻), Amonio (NH₄⁺), Fosfato (PO₄³⁻), Clorofila a (chl-a), medidos en El humedal El Hato durante el año del 2015 (Tabla 1).

Tabla 1. Valores estadísticos descriptivos de parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua del humedal el Hato, durante el año 2015.

	T	S	OD	UAO	NO3-	NO2-	NH4+	PO4³⁻	SiO4⁴⁻	chl-a
Mín.	26,49	0,04	58,95	-256,97	0,03	0,54	ND	0,04	ND	ND
Máx.	32,98	0,28	498,55	192,46	3,69	14,19	90,01	7,25	4,91	0,88
Prom.	29,24	0,11	254,46	-14,15	0,60	3,01	13,70	1,02	1,09	0,15

ND=no detectado, Máx.=máximo, Mín.=mínimo, Prom.=promedio

Los resultados del Test de Levene, mostraron diferencias estadísticas significativas estacionales

($P < 0,05$) durante el año de estudio para la temperatura, salinidad, OD, UAO, Chl-a, PO_4^{3-} ; sin embargo, los SiO_4^{4-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , NOX, NTI no mostraron discrepancia entre sus medias. Durante los meses de muestreo se observaron discrepancias en la mayoría de los parámetros, a excepción de la temperatura, SiO_4^{4-} y NOX. Mientras que en los niveles de profundidad se encantaron diferencias significativas en el OD, UAO, PO_4^{3-} , NH_4^+ , y NIT.

Tabla 2. Diferencias significativas entre los valores medios de las estaciones, meses y profundidad, de acuerdo al análisis de varianza del Tes de Levene.

	Estaciones		Meses		Profundidad	
	Estadística Levene	Sig.	Estadística Levene	Sig.	Estadística Levene	Sig.
T	1,278	NS	1,794	NS	0,178	NS
S	2,382	NS	2,796	*	0,002	NS
OD	2,637	NS	3,821	*	7,678	*
UAO	2,551	NS	3,718	*	7,567	*
chl-a	0,329	NS	2,910	*	0,099	NS
PO_4^{3-}	2,798	NS	5,105	*	2,943	*
SiO_4^{4-}	29,901	*	1,739	NS	0,005	NS
NO_3^-	33,927	*	7,225	*	0,107	NS
NO_2^-	4,042	*	4,042	*	0,704	NS
NH_4^+	34,509	*	7,881	*	8,694	*
NOX	4,334	*	2,776	NS	0,343	NS
NTI	35,729	*	7,942	*	9,187	*

* = $P \leq 0.05$; NS: no significativo

Mediante el análisis de correlación de Spearman, se estableció una asociación positiva muy

fuerte entre la concentración del NOx con NO₂⁻, como el NH₄⁺ y NIT (rho= 0,76-0,90). Para el caso de la correlación positiva considerable (rho= 0,51-075) se encontraron: la temperatura con OD, PO₄³⁻ y SiO₄⁴⁻, NO₂⁻ y PO₄³⁻ y SiO₄⁴⁻, PO₄³⁻ y NOx. Además de la correlación negativa fuerte entre el OD y el UAO (rho=-0,76-0,96).

	T	S	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Chl-a	OD	UAO	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	SiO ₄ ⁴⁻	NOx	NTI
T	1,000											
S	0,482	1,000										
NO ₂ ⁻	0,484	0,440	1,000									
NO ₃ ⁻	-0,388	-0,247	-0,346	1,000								
Chl-a	0,405	0,373	0,467	-0,359	1,000							
OD	0,547	0,263	-0,001	0,070	0,036	1,000						
UAO	-0,612	-0,291	-0,045	-0,041	-0,071	-0,995	1,000					
NH ₄ ⁺	-0,116	0,195	0,110	0,263	-0,115	-0,033	0,037	1,000				
PO ₄ ³⁻	0,567	0,460	0,676	-0,287	0,420	0,185	-0,226	-0,026	1,000			
SiO ₄ ⁴⁻	0,541	0,400	0,558	-0,292	0,282	0,049	-0,090	0,049	0,585	1,000		
NOx	0,373	0,243	0,843	0,034	0,293	0,040	-0,079	0,284	0,599	0,500	1,000	
NTI	-0,055	0,219	0,260	0,274	-0,050	-0,025	0,022	0,972	0,094	0,130	0,458	1,000

Figura 1. Correlación de Spearman entre los valores promedio mensuales de las variables físicas químicas y biológicas determinadas en el agua del humedal El Hato.

DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros físico químicos y biológicos observados en las aguas del humedal El Hato, fueron afectados por las fluctuaciones térmicas, correspondientes a los rasgos típicos del clima de la isla de Margarita; así mismo lo refiere Palazón (2000), además de mencionar un patrón estacional del Estado Nueva Esparta, con dos épocas bien definidas: una cálida entre junio y noviembre, y otra fría lluviosa entre diciembre y marzo, separados por dos periodos de transición; lo cual lo reafirmaron Rodríguez *et al.* (2008), quienes señalaron en su investigación que en la zona

del humedal el Hato se ha evidenciado intensa sequía entre los meses de septiembre y octubre. Por tanto, los pocos cambios significativos de temperatura se debieron a lo antes mencionado, ya que el humedal es un cuerpo de agua somero, que ha alcanzado una profundidad máxima de 4 metros en meses de precipitaciones y se encontró rodeado de plantas flotantes. Esto fue corroborado con lo que plantearon Hernández & Ocampo (2010) respecto a que la variación de la temperatura puede depender de la presencia de las plantas acuáticas existentes y evitan el calentamiento del agua, además del efecto que tiene la profundidad. Este cuerpo de agua constaba de dos canales de entrada de aguas pluviales, las cuales presentaron coberturas de plantas halófitas sumergidas y emergentes que aportaron retención de material sedimentario, atribuido al proceso de lavado del sustrato.

Por su parte, las bajas concentraciones de salinidad se relacionaron a que el cuerpo de agua no posee conexión con el mar, además de ser considerado una cubeta de aguas de escorrentías, con posibilidad de aportes de aguas subterráneas (Hernández y Ocampo 2010), por tanto, es considerado como un cuerpo de agua dulceacuícola (Marcano 2014). La composición de los iones que determinan la salinidad en lagunas dulceacuícolas es muy variable y van asociados generalmente a la evaporación en zonas endorreicas, por eso para valores reducidos de mineralización total, el carbonato (CO_3^{2-}) y el calcio (Ca) constituyen la fracción dominante y a medida que se incrementa la salinidad van cobrando importancia el resto de los iones, cloruros, sulfatos y magnesio (Eugster y Hardie 1978). Sin embargo, se observó temporalmente significancia debido que dependió de la incidencia de aguas pluviales y de escorrentías cargadas de minerales (Tabla 2).

La concentración de oxígeno disuelto (OD) determina las condiciones aeróbicas y anaeróbicas en un sistema, que va a depender de la concentración, estabilidad del material orgánico presente en dicho sistema, de la incidencia de los rayos solares y de las características físicas (Hernández y Ocampo 2010). Se observaron concentraciones de OD muy variantes tanto espacial, temporal como a nivel de estratos de profundidad, que se atribuyó a los procesos de fotosíntesis y de degradación de la materia orgánica (Tabla 2). En la superficie se evidenció más incidencia de efectos de temperatura y acción mecánica de los vientos, por lo cual, se dio oxigenación del cuerpo de agua, por tal razón, existió asociación considerable con la temperatura (Figura 1), además de la producción de oxígeno mediante la actividad fotosintética. Weihaupt (1984) mencionó que las actividades biológicas son un factor importante en las variaciones de la concentración, distribución del oxígeno y del CO_2 en el agua, ya que si el fitoplancton es abundante, el CO_2 es frecuentemente consumido, mientras que el oxígeno es añadido gracias a los procesos fotosintéticos. Por tanto, las bajas concentraciones de OD en el humedal se relacionaron con la degradación de materia orgánica y las más altas al proceso de fotosíntesis.

El humedal el Hato, es un cuerpo de agua que se ha caracterizado por poseer alta actividad fotosintética, así lo mencionó Bernal (2010), quien identificó diferentes especies de microalgas; mientras que Rodríguez *et al.* (2008) reportó dos especies de carófitos. Además, este cuerpo de agua constaba de dos canales de entrada de aguas pluviales y de escorrentías, las cuales presentaron coberturas de plantas helófitas sumergidas y emergentes que contribuyeron a la retención de material sedimentario, atribuido al proceso de lavado del sustrato.

Caso contrario a las concentraciones de OD (figura 1) se observó la utilización aparente de

oxígeno (AOU), debido a que es un parámetro que permite deducir la respiración y procesos de remineralización en los cuerpos de agua, con las concentraciones negativas atribuidas a la fotosíntesis y las concentraciones positivas a la oxidación biológica de la materia orgánica o remineralización (Márquez 2015). En el caso del humedal se observó un promedio general entre sus concentraciones que índico alta tasa de fotosíntesis.

En el caso de los nutrientes, por general son consumidos desde la superficie por la actividad biológica cuando los períodos de disponibilidad de luz son alta como en verano y en invierno cuando los intercambios verticales físicos dominan (Takahashi *et al.*, 1993; Louanchi y Najjar, 2000). Las aguas del humedal arrojaron concentraciones de NO_3^- baja, debido a que fue un cuerpo de agua con poca incidencia de contaminantes artificiales. Perdomo *et al.* (2001) mencionaron que, en ausencia de contaminantes artificiales, las concentraciones de NO_3^- en aguas superficiales normalmente son muy bajas y rara vez superan $1 \mu\text{mol.kg}^{-1}$. La significancia a nivel temporal se debió a la influencia de las precipitaciones que generaban aguas de escorrentías cargadas de material orgánico de manera intermitente en el transcurso del año. Rodrigo *et al.* (2005) mencionaron que la cobertura de la vegetación acuática sumergida (carófitas y helófitas) pueden enmascarar las verdaderas concentraciones de NO_3^- , así como, de NO_2^- y PO_4^{3-} disueltos en el agua, además los carófitos presentan la capacidad de absorber nutrientes actuando como trampas eficientes en el agua donde exista una gran cobertura vegetal y como se mencionó anteriormente el humedal el Hato contaba con dichas plantas, por tanto posiblemente las concentraciones de este nutriente fueron afectadas por las mismas.

El promedio obtenido del NO_2^- , pudo deberse a la acelerada oxidación de este, ya que, es un intermediario entre el NH_4^+ y el NO_3^- , que pudo resultar de la reducción del NO_3^- o de la oxidación del NH_4^+ (Palazón y Penoth 1994). Se observó significancia a nivel temporal (Tabla2), por medio de los rasgos típicos del clima en la zona, por los meses en que ocurrió recirculación de nutrientes a través de los sedimentos y alta tasa de degradación de la materia orgánica causada por las bacterias. Esto coincide con lo que mencionó Wetzel (2001), sobre que altas concentraciones de NO_2^- pueden suceder en cuerpos de agua con poco movimiento y temperaturas cálidas, por efecto de la reducción del NO_3^- en sedimentos anaeróbicos. Además, Okuda *et al.* (1978), también señalaron que los altos valores de NO_2^- se pueden observar antes del incremento del NO_3^- , es decir, durante el proceso de nitrificación y después de la disminución del nitrógeno (proceso de desnitrificación).

Por su parte, el promedio más alto entre los compuestos nitrogenados fue el de NH_4^+ , que, en efecto, se basó en lo que señalaron Arcos *et al.*, (1993); Canfiel (1993), sobre que altas concentraciones de este nutriente es a causa de las actividades heterotróficas, como la degradación de la materia orgánica, que se atribuye a la abundante vegetación acuática. Por tanto, las concentraciones encontradas de NH_4^+ fueron consideradas parte de la degradación de la materia orgánica particulada. Así mismo, lo afirman Palazón y Penoth (1998), cuando indicaron que la remineralización de la materia orgánica, principalmente la descomposición de la vegetación acuática, puede ser fuente principal del NH_4^+ . Otra cosa que dio pie a tal situación fue la escasa circulación de aguas en los meses de sequía; así lo refirieron Hernández y Ocanto (2010), al dar mención que en lagos, pantanos y ríos con poca profundidad, ocurre amonificación y ausencia de estratificación en la columna de agua. La asociación encontrada de este parámetro con el nitrógeno

oxigenado (NO_x) en la correlación de Sperman, se debió, según lo que plantearon Kenney y Walsh, (1972) a que el nitrógeno orgánico, en el suelo puede ser convertido por actividad microbiana a ion amonio por el proceso de amonificación (Figura1).

Las tres formas más importantes de nitrógeno a captar por las algas son: NH₄⁺, NO₂⁻ y NO₃⁻. Estos compuestos se producen en esta secuencia por la creciente acción bacteriana sobre las sustancias orgánicas nitrogenadas, además su distribución y relaciones respectivas de estas tres formas de nitrógeno en el agua dependen de la actividad en el ecosistema y son un buen indicador de sus características, debido a que un gran aporte de NO₂⁻ y de NH₄⁺ indican continua adición de materia orgánica (Hernández y Ocampo 2010).

El fósforo es considerado un macronutriente esencial, que, en aguas no impactadas, es fácilmente utilizado por las plantas y convertido a las estructuras celulares por acción fotosintética (Holmes 1996). Este elemento es uno de los principales nutrientes a considerarse en el control del grado de eutrofización de un ecosistema acuático, ya que influye directamente en el crecimiento de las algas y por tanto puede afectar la productividad primaria en el agua (Iqbal *et al.* 2006), naturalmente se encuentra como PO₄³⁻ (ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos enlazados orgánicamente). En el caso del humedal el Hato, el PO₄³⁻ registró un promedio general que pudo estar asociado a las posibles excretas de los animales que se ubicaban a las adyacencias, pero también se tomó en cuenta lo que señalan Paz y Rodríguez (2016), que otra fuente de PO₄³⁻ es por medio de los rendimientos de fósforo en el suelo a través de la descomposición microbiana. La significancia de este nutriente a nivel espacial y de profundidad (tabla 2), fue debido a que dependía de la incidencia de precipitaciones para su variación en las concentraciones, por tanto pudo encontrarse bajo la forma particulada, producto de los procesos de sedimentación, o por la descomposición microbiana de la materia orgánica en el sedimento o por la alta actividad consumidora por parte de la vegetación sumergida y helófitas.

UNESCO (1981), hizo mención en su publicación, que la interface agua-sedimento proporciona un lugar importante para la oxidación de los detritos y permite la absorción y desorción química del PO₄³⁻ y NH₄⁺, que es de interés para el mantenimiento de la producción biológica en la columna de agua; lo cual es controlado por mecanismos abióticos como la salinidad, el área superficial de los sedimentos, y su capacidad de intercambio de cationes y composición mineral; por tal razón se pudo encontrar una asociación considerable de este nutriente con el OD (Figura1). Mientras que DeBorde *et al.* (2007), señalaron que los cambios del PO₄³⁻ en aguas someras son explicados por su rápido tiempo de renovación y la alta reactividad del fósforo con la materia orgánica y los sedimentos suspendidos. Lerman *et al.* (2002), argumentaron que existe evidencia que solo aproximadamente 45% de nitrógeno y 30% del fósforo utilizado en la agricultura, son aprovechados por las cosechas y el resto es almacenado en el suelo y posteriormente incorporándose a los cuerpos de aguas adyacentes; lo que pudo haber ocurrido con El humedal El Hato.

Otro de los nutrientes importantes en la productividad primaria son los compuestos de silicio, juega un papel crucial en el balance global del ciclo del carbono, y tienen la capacidad de afectar a las concentraciones de CO₂ atmosférico en una variedad de escalas de tiempo, debido a la conexión que tiene la sílice biogénica y el carbono orgánico. La mayor parte del silicio disuelto se presenta

bajo la forma de ácido orto-silícico Si(OH)_4 débilmente hidrolizado al pH del agua (Libes 2000). Las concentraciones encontradas en el humedal fueron consideradas bajas, puesto que poseían poca presencia de diatomeas (Bernal 2010). Además, tomando en cuenta lo que menciona Wetzel (2001), sobre que las menores cantidades de SiO_4^{4-} se encuentran en el agua con sustratos de rocas carbonatadas. En este sentido, las bajas concentraciones de este parámetro son consecuencia de la presencia de rocas calizas, compuestas mayoritariamente de carbonato de calcio (CaCO_3). El humedal el Hato se consideró un cuerpo de agua no estratificado por ser somero, lo que permitió más incidencia de temperatura y por ende liberación de sedimento; así mismo lo refirió Wetzel (1981).

La poca concentración encontrada en el humedal se pudo atribuir de acuerdo a lo que mencionan Bidle *et al.* (2002) sobre que la regeneración de los silicatos a partir de la disolución de la sílice biogénico en la interfase agua-sedimento puede ser eficiente, particularmente en aguas someras donde la temperatura y la abundancia bacteriana son altas y esto podría acelerar la tasa de disolución; por tal razón se pudo encontrar la asociación considerable de este parámetro con la temperatura (Figura1). Wetzel (1981) señaló en su investigación que el volumen de agua y la profundidad influyen en los procesos biológicos de reciclado del SiO_4^{4-} y pueden provenir de diversas fuentes, como puede ser rocas que han sido modificadas, en aguas superficiales se originan por adsorción de ácido silícico, el cual reduce su solubilidad, por lo cual las aguas naturales son muy insaturadas con respecto a los SiO_4^{4-} .

En cuanto al contenido de Chl-*a* encontrado en el humedal se asoció con la biomasa fitoplanctónica, basado a lo que refirió (Garzón 1990). Las concentraciones promedias determinadas pudieron estar relacionados con la temperatura y las precipitaciones, que incidieron en el incremento de las comunidades fitoplanctónicas; de modo tal, que la concentración de Chl-*a*, se incrementó a medida que trascurrían los meses del periodo de muestreo, además de haber incidido la profundidad que permitió llevarse a cabo la resuspensión de los sedimentos cargados de nutrientes para su uso en la producción biológica (Casallas y Gunter 2001). La incidencia de aguas pluviales cargadas de material orgánico pudo contribuir al suministro de nutrientes e incremento de las comunidades del fitoplancton, reflejándose en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos, comportamiento similar lo presento Garzón (1990).

Bernal (2010), en su investigación reportó en el humedal el Hato mayor número de especies de Chlorophytas, Euglenophytas y Cianobacterias, de las cuales estas últimas microalgas fueron consideradas las que determinaron la concentración de clorofila *a* en el agua, que por su escasa circulación y no renovación del agua durante la época de pocas precipitaciones, permitió la proliferación del fitoplancton. El humedal el Hato es un cuerpo de agua lenticó, por esta razón crecen este tipo de plantas acuáticas, así lo refirió Arocena & Mazzeo (1994), además de mencionar que para su distribución dependen también de sus características fisicoquímicas y las del sedimento. Así mismo lo plantea Borero *et al.* (2020), las variables fisicoquímicas como el nitrógeno, fósforo, temperatura del agua, pH, y alcalinidad, son algunas de las variables que mayor influencia tienen con el crecimiento de hidrófitos.

CONCLUSIONES

El humedal el Hato es un cuerpo de agua dulceacuícola, con características fisicoquímicas que indicaron mayor tasa de actividad fotosintética. Posee pocas concentraciones de silicato, por la ausencia de diatomeas; además de su alto contenido de material vegetal como las helófitas y macrofitas que intervinieron en las concentraciones reales de los nutrientes.

El comportamiento de las concentraciones de OD con UAO, fue lo esperado, puesto que se encontró más valores de UAO negativos que positivos, indicando actividad fotosintética.

Agradecimientos

A Dios, primeramente. Al Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente y toda la directiva del Foro Firma 2022.

REFERENCIAS

- Abel Betanzos vega, Yuliesky Garcés Rodríguez, Gilma Delgado Miranda y María Mamírez (2012). Variación espacio-temporal y grado de eutrofia de sustancias nutrientes en aguas de los golfos de ana maria y guacanayabo, cuba. *Rev. Mar. Cost.* 4: 117-130
- Arcos, D., I. Fured., F. Carrasco, F. Núñez y F. Vargas. (1993). Eutroficación del ambiente marino de Chile central: efectos inducidos por la evaluación de residuos industriales líquidos. *Investigaciones marinas de Valparaíso.* 21:51-74.
- Arocena, R. y N. Mazzeo. (1994). Microfítos acuáticos de un arroyo urbano en Uruguay: su relación con la calidad del agua. *Rev. Bio. Trop.* 42(3):723-728.
- Bendschneider, K., y R. Robinson. (1952). A new spectrophometric determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11:87-96.
- Bernal, J. (2010). Taxonomía de microalgas en la laguna El hato, Municipio García Estado Nueva Esparta. Trabajo presentado como requisito para ascender a la categoría de profesor asistente. Universidad de oriente núcleo Sucre, Cumaná, Venezuela, 29 p.
- Bidle, Kd., M Manganelli y F. Azam. (2002). Regulation of oceanic silicon and carbon preservation by temperature control on bacteria. *Science.* 298: 1980-1984.
- Botero-Alvarez, Cristian., Contoya-Moreno, Yimmy., Aguirre-Ramírez., Néstor Jaime, Vélez-Macias, Fabio de Jesús. y Hernández Atilano, Esnedý. (2020). Vegetación acuática y semiacuática en tres ríos altoandinos y su relación con la fisicoquímica del agua. *Politécnica.* (16): 31:138-150.
- Canfiel, D. (1993). Organic matter oxidation in marine sediments. En: zepp, richard (ed). *The role of nonliving organic matter in the earth's carbon cycle: interactions of c, n, p, and s biogeochemical cycles.* John wiley and sons ed. New york, united states. 358 pp.
- Casallas, G. Gunter, G. (2001). Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limnética.* 20(2): 215-232.
- Deborde J, P Anschutz, G Chaillou, H Etcheber, Mv Commarieu, P Lecroart y G Abril. (2007). The dynamics of phosphorus in turbid estuarine systems: example of the gironde estuary (france). *Limnology and oceanography.* 52: 862-872

- Doria, C.; Daza, A., Deluque, H., López, A. y Serna, J. (2009). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del complejo carbonífero cerrejón, la Guajira-Colombia. Fundación cerrejón para el agua en la guajira, 7 pp
- Enriquez, A. y Cremona, M. (2017). Humedales patagónicos como reservorios de carbono. Una función poco reconocida en un mundo cambiante. *Presencia*. 67:3.
- Eugster, H. y Hardie, L. (1978). Saline lakes. En: physics and chemistry of lakes. Lerman, a. (ed.) Springer - verlag. 237 - 293.
- Grasshoff, k. (1964). Zur bestimmung von nitrat in meer-und trinkasser.kieler meeresforsch. 20 (1):5-11
- Garzón, Z. (1990). Caracterización saprotrófica de los lagos cráter de la región de los llanos puebla. Tesis profesional. Universidad nacional autónoma de méxico, 90pp.
- Hernández, D. y Ocanto, J. (2010). Caracterización fisicoquímica, bacteriológica, pigmentos fotosintéticos y sedimentológicas de la laguna el hato sector la isleta, isla de margarita, edo. Nueva esparta. Trab. Grad. Lic. Acuacultura, universidad de oriente, boca de río, venezuela, 178pp.
- Holmes, S. (1996). South african water quality guidelines. Department of water affairs and forestry. First edition aquatic ecosystems. 7:162.
- Iqbal, M., E.G. Brown y M. E. Clayton. (2006). Distribution of phosphorus in a biologically restricted lake in iowa, usa. *Journal hydrology*. 326: 349 -366.
- Keeney D.R., Walsh L.W. (1972). Available nitrogen in rural ecosystems. Sources and fate. *Hortscience*. 7(3): 219-223
- Koroleff, F. (1969). Direct determination of amonia in natural waters as indophenol blue. *Ices, c.m* 1969/c: hydr. Cumm.3: 10-230.
- Koroleff, F. (1976). Determination of nutrients. In: methods of seawater analysis, grasshoff k.ed., weinheim germany and new york ny, verlag chemie. 460 pp.
- Lerman, A. F Mackenzie y L. Ver. (2002). Nitrogen and phosphorus controls of the carbon. *J. Conf.* (2):5:638.
- Libes (2000). A introduction to marine biogeochemistry. Second edition. Ap (ed). New york, usa, 760 pp.
- Lorenzen, C. J. (1966). A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep-sea res.* 13: 223-227.
- Louanchi, F. y Najjar, R. (2000). A global monthly climatology of phosphate, nitrate and Silicate in upper ocean spring- summer production and shallow remineralization. *Glob. Biogeochem. Cycles*. 14: 957-977.
- Marcano, A. Rodríguez R. y Deyanira López (2014). Composición y estructura de la vegetación en un humedal dulceacuícola del monumento natural laguna de las marites, Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Ciencia*. 22(2):90-103.
- Mariña, E. (2020). Venezuela posee un total de 158 humedales en todo el territorio nacional. Simposio “humedales, biodiversidad y crisis ambiental”. Instituto de zoología y ecología tropical de la facultad de ciencias, universidad central de Venezuela, Distrito Capital, Venezuela (abril del 2020).

- Márquez, A. (2015). Dinámica de nutrientes y del sistema carbónico en la depresión oriental de la cuenca de Cariaco, Venezuela. Trabajo de grado para optar al título a doctor en ciencias marinas. Universidad de Oriente, Sucre, Venezuela, 213pp.
- Mullin J. y J. Riley. (1955). The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta.* 12: 162-170.
- Murphy, J. y J. Riley. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 12:162-170.
- Noriega, C.; Muniz, K., Flores, M., Macedo, S., Araujo, M., Feitosa, F. y Lacerda, s. (2009). Series temporales de variables hidrobiológicas en un estuario tropical, Brasil. *Rev. De biol. Mar. Oceanog.* 44 (1): 93-108.
- Okuda, T.,García, A., Gamboa, B. y Fernández, E. (1978). Variación estacional del fósforo y nitrógeno inorgánicos en el Golfo de Cariaco Venezuela. *Boletín del instituto oceanográfico.* 17(1 y 2): 789-104.
- Palazón, J. y Penoth, E. (1994). Condiciones hidroquímicos de la laguna de raya, isla de margarita, Venezuela, durante el periodo comprendido entre febrero de 1986 y febrero de 1987. *Boletín del instituto oceanográfico de Venezuela.* 33(1 y 2): 5-17.
- Palazón, J. y Penoth, E. (1998). Condiciones hidroquímicos de las aguas superficiales de la laguna Boca de palo, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oc.de vzla.* 37(1 y 2): 3 - 15.
- Paz, E. y Rodríguez, C. (2016). Determinación del índice de calidad del agua (ica), de los ríos morón y patanemo del estado Carabobo, en Venezuela. *Ingeniería uc,* (23)2:204-215.
- Perdomo, C., O, Cassanova. y Ciganda, V. (2001). Contaminación de las aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. *Agrociencia.* 54: 10-22.
- Plan de ordenamiento y reglamento de uso del Monumento natural Laguna de las Marites, (2009). 80pp.
- Rodrigo, M., Caballero, C., Rojo, C. y Álvarez, M. (2005). Capacidad de retención del nitrógeno por el macrófito chara hispida procedente de una Laguna de rudiera. *Encuentro internacional en fitodepuración.* España, 216-222 pp.
- Rodríguez M. (1999). *Fisicoquímica de aguas.* Ediciones Díaz de Santos, Casa del libro, Madrid, España, 435 pp.
- Rodríguez (2016). Grado de saturación del carbonato cálcico en sistemas costeros. Trabajo de grado en ciencias del mar, Universidad de Cádiz, Colombia. 45pp.
- Rodríguez, J., López, D., Márcano, A., López, J., Guilarte, A. y Barreto, J. (2008). Composición macroflorística de La laguna El ható en el Monumento natural laguna de las Marites. *Congreso científico, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Isla de Margarita,* 7pp.
- Schiller Dv, Martí E., Riera J. y Sabater F., (2007). Effects of nutrients and light on periphyton biomass and nitrogen uptake in mediterranean streams with contrasting land uses. *Freshw biol.* 52(5): 891-906.
- Strickland, J. y Parsons, T. (1972). *A practical handbook of seawater analysis.* Second edition, octawa, fish. Res. Board of Canada, 168 pp.
- Takahashi, T.; Olafsson, J.; Goddard, J.; Chapman, d. y Sutherland, S. (1993). Seasonal Variations of CO₂ and nutrients in the high latitudes surface oceans: a comparative Study. *Glob. Geochem. Cycl.* 7:843-878
- United Nations Educational, Science and Cultural (UNESCO). 1981. Coastal lagoon research, present and future. *Technical papers in marine Science.* 32: 1-97.

Weihaupt, J.(1984). Exploración de los océanos: introducción a la oceanografía. Editorial continental. México D.F. México, 640 pp.

Wetzel, R. (1983). Limnology. Ediciones Saunders. Nueva york,767 pp.

Wetzel, R. (2001). Limnology, 3ra ed. Academic press, New York. 1006pp.





PESCA

Captura de peces en el golfo de Guacanayabo, Plataforma Suroriental de Cuba | Catching fish in the gulf of Guacanayabo, southeastern shelf of Cuba

Arlen Ventura, Enrique Giménez, Servando Valle

Estudio de la variabilidad molecular en poblaciones mediterráneas del cangrejo marino *Liocarcinus depurator* | Study of molecular variability in Mediterranean populations of the marine crab *Liocarcinus depurator*

Francesc Mestres, Elvira Luna, Sergi Lacueva, Pere Abelló

Pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU | Sustainable artisanal fishery in Lake Maracaibo within the framework of the UN Sustainable Development Goals

Royner Carrasquero, María Laura Hurtado-León, Néstor Pereira

Selectividad de atarrayas camaroneras en la pesca artesanal en el sistema lagunar del Rio Cauto, Cuba | Selectivity of shrimp cast nets in artisanal fisheries in the lagoon system in the Cauto River, Cuba

Enrique Giménez Hurtado, Carlos Ocano Busía, Arlen Ventura Flores

A pesca de curral na Baía de Guanabara, Brasil: produção pesqueira e proteção ambiental sob o olhar dos pescadores | Fish weir in Guanabara Bay, Brazil: fish production and environmental protection from the perspective of the fishers

Sérgio Ricardo Santos, Thaís Rodrigues Maciel, Andreia Bazílio Silva, Luiza Chieza Fortes Garcia, Marcelo Vianna

***Sargassum* spp. de arribazón: aprovechamiento de su biomasa y oportunidades de desarrollo para la agricultura local | Massive beaching *Sargassum* spp.: utilization of its biomass and development opportunities for local agriculture**

Adrián Alejandro Espinosa-Antón, Rey Jesús León Ferrer, Nelson Javier Ramirez-Linares

Estado actual de la población de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), en la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela | Current status of the population of the starfish *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), in the bay of Mochima, Sucre state, Venezuela

Ángel R. Fariña P., Pedro Bruzual, Diego Navarro, Manuel Rey-Méndez

Composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador | Composition and abundance of clams of the genera *Protothaca* and *Chione* in an intertidal zone of the Chone river estuary, Manabi, Ecuador

Alan García-Bermúdez, Eulalia Ibarra Mayorga, Rodolfo Patricio Panta Vélez, Luis Manuel Treviño Zambrano, Jorge Enrique Vélez Falcones

Comparative study of the reproductive cycle and biochemical composition of the common cockle *Cerastoderma edule* and the grooved razor shell *Solen marginatus* from Oualidia Lagoon on the Moroccan Atlantic coast | Estudio comparativo del ciclo reproductivo y composición bioquímica del berberecho común *Cerastoderma edule* y la navaja acanalada *Solen marginatus* provenientes de la Laguna Oualidia en la costa Atlántica marroquí

Ibtissam Doukilo, Oum Keltoum Belhssen, Fouzia Hmimid, Mohamed Id Halla, Ahmed Errhif

Influencia de factores ambientales en la condición nutricional de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en la región pesquera de Caibarién, Cuba | Influence of environmental factors on nutritional condition of spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in Caibarién fishing region, Cuba

Alexander Lopeztegui-Castillo, Diana Martínez-Coello, Abel Betanzos-Vega, Yunier Olivera-Espinosa, Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas, Norberto Capetillo-Piñar

Estimación del ciclo reproductivo por medio de índices morfofisiológicos del gasterópodo, *Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815), de la pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca, México | Estimation of the reproductive cycle by morphophysiological indices of the gastropod *Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815) from the artisanal fishery at Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico

Verónica Mitsui Saito-Quezada, Isaías Hazarnabeth Salgado-Ugarte

Caracterización de la actividad pesquera en la Laguna de Zapotlán, Jalisco, México | Characterization of the fishing activity in Zapotlan Lagoon, Jalisco, México

Aurora Berenice Gutiérrez-Cedillo, J. Guadalupe Michel Parra, Oziel Dante Montañez Valdez

Diagnóstico del desarrollo sostenible de la comunidad pesquera de Adícora, Estado Falcón, Venezuela. Dimensión social. Caso: consejo socialista de pescadores y acuicultores (CONPPA-Adícora) | Diagnosis of the sustainable development of the fishing community of Adicora, Falcon State, Venezuela. Social dimension. Case: socialist council of fishermen and fish farmers (CONPPA-Adícora)

María V. Guanipa Maldonado, Jesús Méndez, Luis González

Aspectos biométricos y reproductivos de la especie guanapo *Lutjanus synagris* capturada por la flota artesanal de la comunidad de Adícora (Estado Falcón-Venezuela) | Biometric and reproductive aspects of the guanapo species *Lutjanus synagris* captured by the artisanal fleet of the Adícora community (Falcón State-Venezuela)

Jesús Méndez, Rodolfo Álvarez, Luis González, María Guanipa, Orlando Pomare, Thailande Barreno

Aspectos biométricos y reproductivos del congrio *Lepophidium negropinna* (Pisces: ophidiidae) desembarcado en el Puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador | Biometric and reproductive aspects of specklefin cusk eel *Lepophidium negropinna* (Pisces: ophidiidae) landed in the Port of Jaramijó, Manabí, Ecuador

Cristhian Mero-Anchundia, Anthony Chompoy-Mera, José Javier Alió Hans Ruperti Loor, Maribel Carrera Fernández

Captura de peces en el golfo de Guacanayabo, Plataforma Suroriental de Cuba

Catching fish in the gulf of Guacanayabo,
southeastern shelf of Cuba

Arlen Ventura*, Enrique Giménez, Servando Valle
Centro de Investigaciones Pesqueras,
Ministerio de la Industria Alimentaria, La Habana. Cuba

Arlen Ventura   arlenvf@gmail.com

RESUMEN | La captura de peces en la plataforma Suroriental de Cuba (Zona A) se realiza por diferentes flotas que utilizan diversos artes de pesca, debido al alto número de especies de esta región. Se utilizaron los datos de captura del 2008 hasta el 2018 de las embarcaciones estatales que operan en las subzonas de la Empresa Pesquera Industrial de Granma (EPIGRAN) y los correspondientes al aprovechamiento de la fauna acompañante de la captura de camarón (AFAC). Estas utilizan artes de pesca tales como chinchorro (bolapié y boliche), palangre, redes de enmalle y chinchorro de arrastre camaroneros. Se determinó el impacto causado por las diferentes flotas sobre el recurso peces y particularmente sobre las principales especies de interés económico de la ictiofauna del golfo de Guacanayabo. La flota que utiliza el chinchorro es la que mayor impacto ejerce sobre la ictiofauna del golfo, cobrando mayor importancia la red de enmalle en los dos últimos años. Existen altas capturas en especies de bajo valor comercial como el machuelo (*Opisthonema oglinum*), y el grupo pataos y mojarras (*Diapterus rhombeus* y especies de la familia Gerridae), mientras que ocurrió una disminución en la captura de algunos de los grupos de especies consideradas de alto interés comercial en este Golfo, tales como los batoideos, biajaiba (*Lutjanus synagris*), pargo criollo (*Lutjanus analis*) y sierra-serruchos (*Scomberomorus* spp.). La pesquería de camarón, aunque al final del periodo 2008-2018 no capturó altos volúmenes, resultó la flota que durante todo el periodo ejerció mayor presión sobre el grupo de los batoideos y biajaiba.

Palabras clave |

Artes de pesca,
pesquería de escama,
fauna acompañante,
plataforma Suroriental de
Cuba

ABSTRACT | The capture of fish in the southeastern platform of Cuba (Zone A) is carried out by different fleets that use various fishing gear, due to the high number and diversity of fish species in this region. The capture data from 2008 to 2018 of the state-owned vessels that operate in the sub-zones of the Granma Industrial Fishing Company (EPIGRAN) and those vessels landing shrimp bycatch (AFAC) were used. These vessels use fishing gear such as seine nets (bolapié and boliche), longline, gill nets and shrimp trawl nets. The impact caused by the different fleets on the fish resources and particularly on the main species of economic interest of the ichthyofauna of the Gulf of Guacanayabo was determined. The fleet that uses the beach seine caused the greatest impact on the ichthyofauna of the Gulf, with the gillnet gaining more importance in the last two years. There were high catches of low commercial value species, such as Atlantic thread herring (*Opisthonema oglinum*) and the group of mojarras (*Diapterus rhombeus* and species of the family Gerridae), while a decrease in the capture of some of the groups of species considered of high commercial interest in this gulf, such as batoids, Lane snapper (*Lutjanus synagris*), Mutton snapper (*Lutjanus analis*) and mackerels (*Scomberomorus spp*) was observed. The shrimp fishery was the fleet that throughout the period exerted the greatest pressure on the group of the batoids and Lane snapper, although at the end of the period 2008-2018 it did not catch high volumes of fish.

Keywords |
Fishing gear,
bycatch,
fish fishery,
Cuba's southeastern platform

INTRODUCCIÓN

Las pesquerías de peces conocida en Cuba como de escama presentan complejidad en su ordenamiento y explotación, ya que al encontrarse en una región subtropical existe gran diversidad de organismos que están agrupados en pequeños cardúmenes coexistiendo en diferentes ecosistemas, donde pueden llegar a capturarse más de 100 especies (FAO, 2004).

La pesca de escama es realizada por las flotas estatal, privada y recreativa. Existen un total de 339 embarcaciones escameras estatales en la plataforma cubana operando con 5 a 6 tripulantes, dependiendo del tipo de barco, ya sea de plástico, madera o ferrocemento con diferentes dimensiones, mientras que la pesca recreativa y privada presentan embarcaciones de menor porte resultando en 3328 de pesca privada y 5436 de recreativa (PAN-Tiburones, 2015).

La pesca de escama estatal incluye todos los peces excepto la captura de los túnidos por utilizar diferentes artes y zonas. El 39 % de la producción pesquera estatal de escama de la plataforma cubana lo aporta la Zona A (plataforma Suroriental de Cuba). El golfo de Guacanayabo aporta capturas del orden de 3 mil toneladas como promedio anual, siendo de mayor cuantía que el aporte del golfo de Ana María (Figura 1). En las aguas de dicho Golfo se encuentran más de 979 especies de la fauna marina, destacándose 258 especies de peces y más del 55 % de ellas, son endémicas del Caribe (Giménez *et al.*, 2016).



Figura 1. Límites de Zonas de pesca de la Plataforma cubana y situación del golfo de Ana María y Guacanayabo.

Debido a dicha riqueza de especies, la captura de escama se realiza por diferentes flotas que, aunque tengan a bordo de las embarcaciones varios artes de pesca, dirigen el esfuerzo pesquero a la especie más abundante en el período y poseen un arte principal por el cual la flota recibe su nombre (flota chinchorrera, palangrera, etc.). El uso de artes de malla, como los chinchorros, se ha extendido, ya sea de bolapié (éstos cercan el cardumen o áreas que poseen abundancia de peces), boliche (usando dispositivos concentradores de peces que son encerrados por el arte) (Sánchez & Delgado,

2016) o redes de enmalle, disminuyendo notablemente el empleo de la nasa y palangres (FAO, 2004; Baisre, 2004).

En la mayoría de los casos estos artes carecen de la selectividad requerida y se caracterizan por sus altos volúmenes de captura, priorizando la cantidad y no la calidad (Giménez *et al.*, 2016). La confección del chinchorro bolapié y de boliche está establecida en la Instrucción M-6/ 12 (agosto 2012), la cual establece el uso de un paso de malla de 30 mm en el copo, que reduce la captura de ejemplares pequeños, aunque esta puede “tupirse” y ser menos eficiente. La red de arrastre es sólo utilizada en la pesquería de camarón, ya que la de peces con este arte está prohibida en Cuba desde 2012 (Res. No.503-12), y captura peces como especie no objetivo de su explotación. Las embarcaciones con chinchorro boliche realizaban maniobras de arrastre con dos embarcaciones en los cayos de Jardines de la Reina, pero a partir del año 1996 esta área fue declarada como “Zona Bajo Régimen Especial de Uso y Protección” (resolución del Min. Ind. Peq. 562/96), lo que motivó el cese de este tipo de pesca por estas embarcaciones.

Se consideran como las especies de mayor interés económico de este golfo a los pataos-mojarras, chuchos-rayas, machuelo, biajaiba, sierra-serrucho y pargo criollo, ya sea por el valor comercial de la carne o por los grandes volúmenes de captura.

El objetivo del presente análisis es determinar qué flota pesquera presenta mayor captura de escama y particularmente sobre cuales especies del golfo de Guacanayabo orienta su esfuerzo en el período 2008 al 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

El golfo de Guacanayabo se encuentra a los 20° 30' N, 77° 30' 0W (Wikipedia, 2021) en la región Este de la plataforma Suroriental de Cuba, limita con las costas provincias de Granma, Camagüey, Las Tunas y el archipiélago de los Jardines de la Reina. Presenta un área de 9 304 km², separado del golfo de Ana María por los cayos Pingüe y subdividido por el Gran Banco de Buena Esperanza en dos cuencas interiores (González y Valdés, 2011) (Figura 2).

Se utilizaron los datos de captura del 2008 hasta el 2018 de las flotas pesqueras estatales que explotan el recurso escama en las subzonas donde realiza sus operaciones la Empresa Pesquera Industrial de Granma (EPIGRAN) y los correspondientes al aprovechamiento de la fauna acompañante de la captura de camarón (AFAC). Estas flotas utilizan diferentes artes de pesca que denominan a los tipos de embarcaciones.

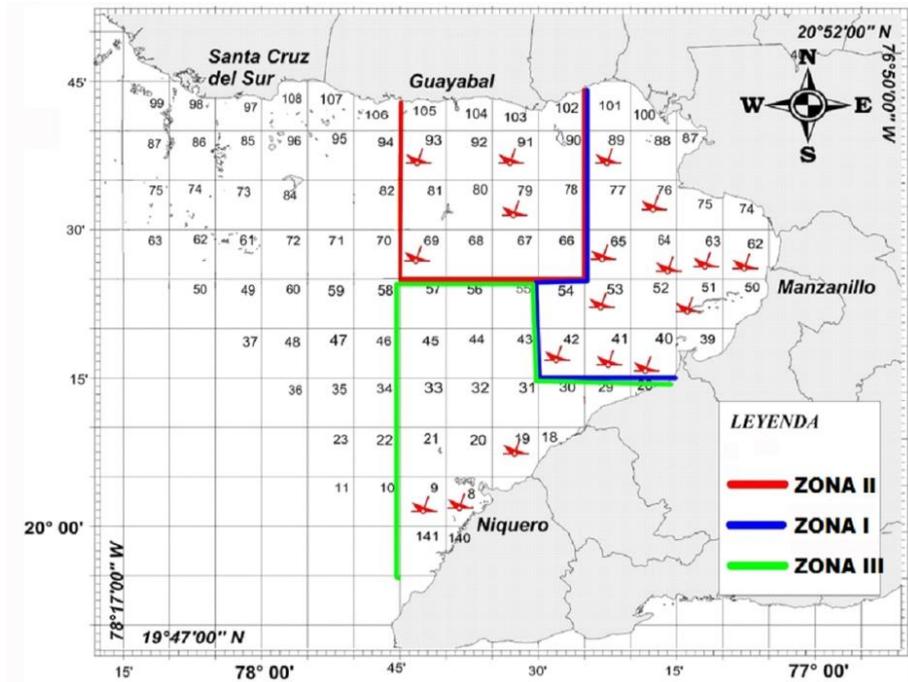


Figura 2. Subzonas de pesca de la flota camaronera que capturan incidentalmente el recurso escama en el golfo de Guacanayabo.

La flota escamera en EPIGRAN durante el periodo de estudio estuvo compuesta por un parque total de 13 embarcaciones, entre las cuales se encuentran los chinchoreros (seis, considerando boliche y bolapié), los que utilizan redes de enmalle (seis) y palangrero (uno), los cuales reciben su nombre por el arte principal que poseen. También se encuentra la flota camaronera (cuatro barcos) como pescador importante de la escama de esta plataforma a través del aprovechamiento de la fauna acompañante del camarón (AFAC).

El chinchorro opera en profundidades hasta los 10-15 m mientras que con la red de enmalle se opera a mayores profundidades en dependencia de las redes de superficie y de fondo. El palangre trabaja en zonas más diversas de la plataforma. Se analizó la captura anual de las diferentes flotas teniendo en cuenta el uso de los 78 principales artes de pesca y las especies de mayor interés económico. De igual forma, se estimó el rendimiento de las especies biajaiba y batoideos de las flotas utilizando los valores de captura (kg) y días pesca durante el periodo de estudio, ya que generalmente son especies dominantes y de importancia económica en las capturas de FAC.

RESULTADOS

La producción de las diferentes flotas presentó variaciones con el mayor valor en la flota chinchorrera en 2016, con captura del orden de 785 t. Luego de su pico máximo, mostró una notable disminución. Le sigue en orden la flota de redes, superando a la flota camarонера a partir del 2011 principalmente por el incremento de sierra y el grupo de chuchos y rayas; esta flota presenta un aumento sustancial en su producción a partir de 2016 (Figura 3). En los camaroneros se observaron valores inferiores a partir del 2011, cuando las redes la superan. Estas embarcaciones utilizaron únicamente redes de arrastre de fondo y trabajan durante el primer semestre del año, a diferencia del resto de los barcos que poseen más de un arte de pesca a bordo y trabajan todo el año. En las embarcaciones que utilizaron palangre se observaron menores capturas y su tendencia fue hacia el mínimo a partir de 2013.

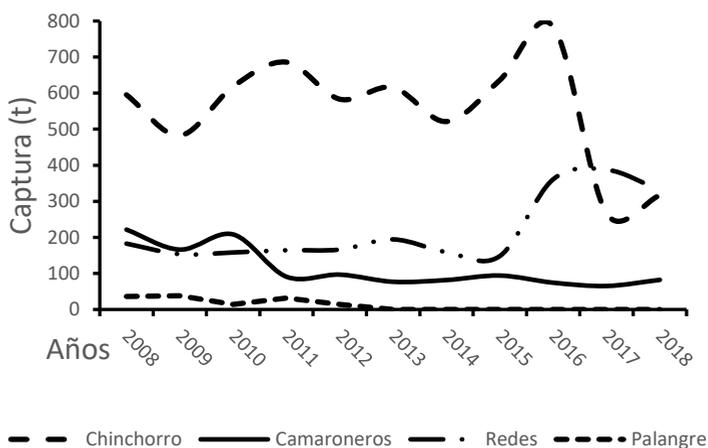


Figura 3. Comportamiento de la captura anual de las flotas utilizando diferentes artes de pesca (chinchorro, redes, palangre y red camarонера) en el golfo de Guacanayabo en el periodo 2008-2018.

Las especies en el grupo escama más representadas fueron: machuelo, patao-mojarra, biajaiba, batoideos, sierra-serrucho y pargo criollo (Figura 4). Estas especies coinciden con las reportadas por Giménez *et al* (2016) como las más importantes por su aporte en el golfo de Guacanayabo, las cuales reportaban el 70 % de la captura de escama.

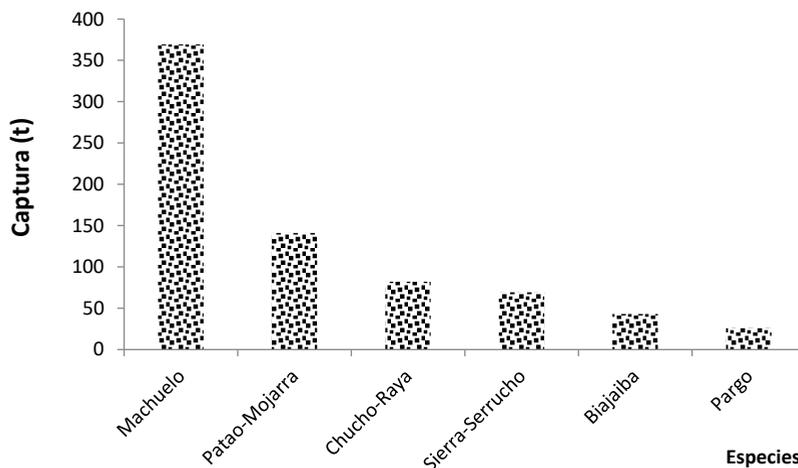


Figura 4. Captura promedio de las principales especies en el golfo de Guacanáyabo en el periodo 2008-2018.

El arte de pesca de mayor volumen de captura del grupo patao-mojarra fueron las redes de cerco (chinchorros escameros) hasta el 2015, fecha a partir de la cual las embarcaciones que utilizaron redes de enmalle incrementaron su aporte hasta final del periodo (Figura 5).

Los barcos chinchorreros presentaron altos niveles de captura en el machuelo, aunque se observó una fuerte disminución en los últimos años. En las redes de enmalle, la captura de esta especie aumentó y hacia el final del periodo las embarcaciones con redes incrementaron el aporte de batoideos. La biajaiba y los batoideos presentaron mayores volúmenes de captura en los camaroneros, aunque con tendencia a la disminución y superada en el 2016 por las embarcaciones con redes. En el resto de los artes se observó una disminución. La captura de sierras y serruchos realizada principalmente por la flota de redes de enmalle presentó un descenso al final del periodo. En el resto de las flotas los valores de este grupo no fueron apreciables. La captura de pargo criollo fue baja, prevaleciendo los valores alcanzados en los años 2012 a 2016 en las flotas camaroneras y con redes. Esta especie con el arte del palangre obtuvo valores altos en el año 2008 y 2009.

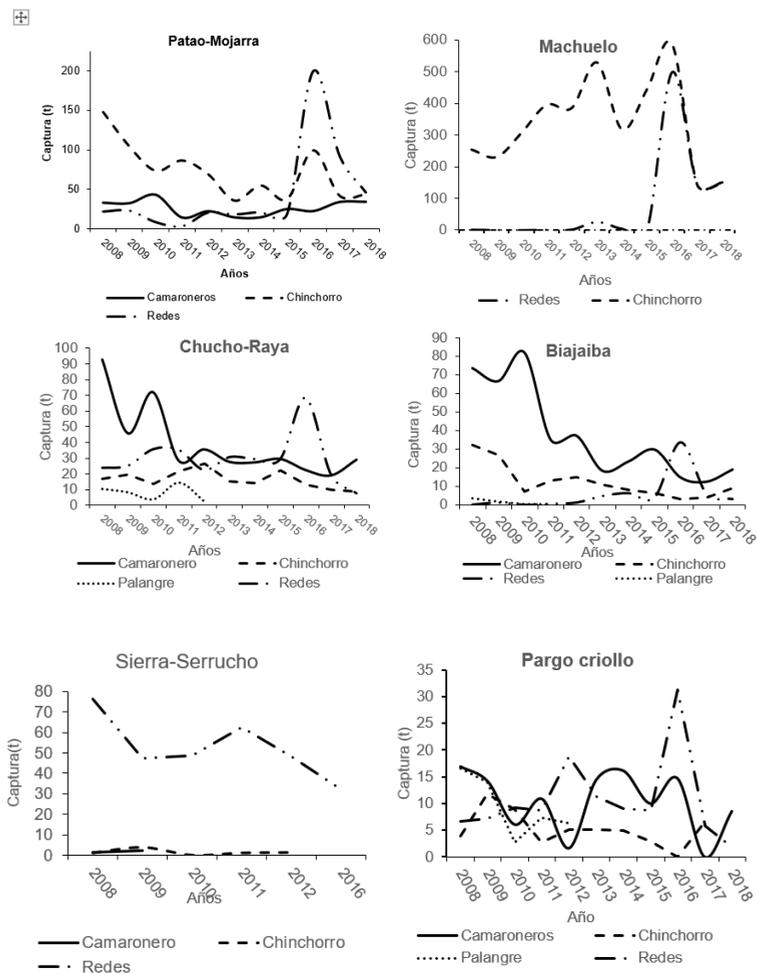


Figura 5. Captura de las especies de mayor interés económico del golfo de Guacanayabo por las diferentes flotas durante el periodo 2008-2018.

El cálculo del rendimiento obtenido por las flotas en los batoideos y la bijaiba, especies importantes en el AFAC de la flota camaronera, mostraron una disminución sustancial a partir del 2010 llegando a las cifras de las otras flotas (Figura 6).

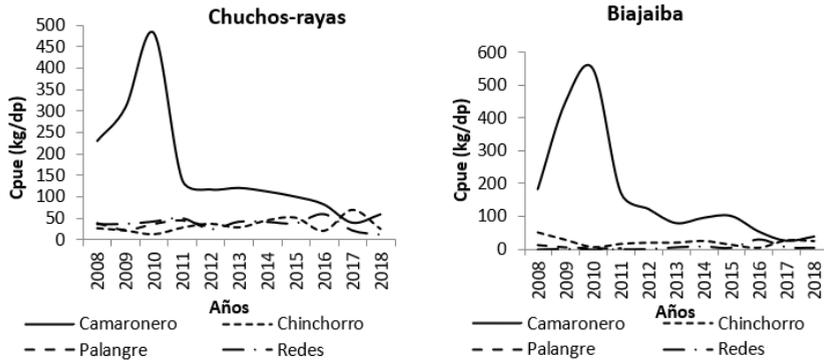


Figura 6. Rendimiento (kg/dp, dp= días pesca) de batoides y bjaiba por las diferentes flotas del golfo de Guacanayabo en el periodo 2008 al 2018.

DISCUSIÓN

Las diferencias de la captura entre las diferentes Flotas se deben a las características propias de los artes. El chinchorro es el arte de mayor producción, como era de esperarse, ya que captura un mayor número de especies y tallas. Sánchez & Delgado (2016) señalan que el 50 % de los peces capturados en aguas cubanas se realizan con este arte y Ramos (2017) reporta que el 34 % de la producción del Archipiélago Sabana-Camagüey (Zona D) se realiza por esta flota. El chinchorro es el arte que mayor impacto causó en la ictiofauna de este golfo, en cuanto a volúmenes de captura, ya que las restantes flotas se mantuvieron a un nivel inferior, lo cual se debió a las características propias del arte, que es poco selectivo. Éste se utiliza en aguas poco profundas y presenta una alta retención de juveniles y especies de escaso valor comercial y tiene un fuerte impacto sobre los fondos y hábitats en general (Sánchez & Delgado, 2016). Luego del pico máximo en la captura de los chinchorreros, donde el valor más alto se debió al machuelo, se mostró una fuerte disminución, lo cual está relacionado a los altos volúmenes de esta especie con el arte de las redes. El chinchorro es el arte principal usado en el golfo de Guacanayabo y presentó altos niveles de captura en las especies machuelo y mojarra-patao. Con este arte siempre se ha dirigido gran parte del esfuerzo pesquero al machuelo y los pescadores han mantenido sus métodos de pesca de forma estable durante el periodo analizado.

Las redes, a pesar de sus bajas capturas, pudieran estar afectando negativamente a la ictiofauna del Golfo ya que son un arte poco selectivo, y en Cuba no existe limitación en el tamaño de malla (Baisre, 2004), presentando un alto grado de pesca incidental.

La composición por especie de las redes de enmalle y palangre en el Golfo difiere a lo obtenido en otras regiones de Cuba. En el Archipiélago Sabana-Camagüey predomina el sistema palangre-redes con un aporte del 51 % a la captura (Ramos, 2017), esta diferencia se debe a las características de este Golfo, con un predominio de especies estuarinas, que son susceptibles a otros tipos de artes de pesca.

A pesar de las bajas capturas obtenidas en la flota que opera con el sistema de palangre, ésta pudiera estar afectando a diversas especies al capturarlas de manera incidental ya que no se conoce el tamaño de anzuelo idóneo para las especies según las regulaciones de talla mínima (Res. MIP, 2009).

En términos generales, la presión pesquera de la flota camaronesa sobre el recurso escama, cuantificada por el AFAC, no parece ser de gran relevancia por los bajos niveles de captura de la ictiofauna obtenidos. Estas embarcaciones utilizan únicamente redes de arrastre de fondo y la pesquería se realiza de enero hasta junio; manteniéndose el resto del año en veda, lo cual contribuye a no ejercer una fuerte presión pesquera sobre la fauna acompañante. Sin embargo, la mayor afectación podría ejercerse sobre especies incidentales que son capturadas en su fase juvenil, sin llegar a la talla de primera maduración. Estas son potencialmente objeto de pesca de otras flotas en su vida adulta. Este efecto es propio del sistema de arrastre de fondo en las pesquerías de camarón en regiones subtropicales según FAO (2009) y como se ha comprobado en aguas cubanas en el golfo de Ana María, un 66,69 % del total de la FAC corresponde a peces y más del 70 % juveniles (Giménez *et al.*, 2016). La alta incidencia de tallas pequeñas le confiere a la FAC un escaso valor comercial independientemente de la especie. Históricamente la FAC ha sido explotada en la Industria Pesquera bajo diversas alternativas, principalmente en la elaboración de picadillo de pescado alcanzándose rendimientos entre el 25 y el 28 % (García, 2002).

FAO (2004) ha reportado para aguas de la plataforma cubana que de las más de 100 especies de peces que se capturan, más del 60 % lo componen la biajaiba, machuelo, roncós, mojarras, sardinas, pargo y cherna. Esta situación corresponde parcialmente con lo encontrado en el presente estudio en el caso del machuelo, las mojarras, la biajaiba y el pargo.

El predominio obtenido en el machuelo es propio de esta Zona, ya que es una especie propia del complejo Litoral Estuarino, típica de ambientes con altas concentraciones de nutrientes y sedimentos de las zonas costeras cercanas a desembocaduras de ríos como es el caso de este Golfo (Valdés & Sotolongo, 1983). Puga *et al* (2018) en esta misma región, determinaron que esta especie era altamente productiva ya que presentaba más de 20 % de la captura y un alto rendimiento. Era de esperarse los altos rendimientos obtenidos de esta especie por los chinchorros, ya que este arte

presenta capturas con altos volúmenes de especies de menor interés comercial, como son la sardina de ley y el machuelo (Giménez *et al.*, 2016).

El grupo de los batoideos (chucho-rayas) presentó los rendimientos más elevados en el AFAC, como ocurre en otras pesquerías de camarón donde se ha reportado una alta presencia de este grupo, como es el caso en el norte de Brasil donde FAO (2006) reporta que el 40% del total de las capturas de este grupo se realiza con redes de arrastre de camarón. Valle (2000) ha encontrado a los batoideos entre las principales especies en la fauna acompañante del camarón en la región suroriental de Cuba y Cuevas & Torres (2014) como uno de los grupos más afectados por las redes de arrastre. Igualmente se ha visto que el aporte de este grupo obtenido de la Zona A, equivale al 45 % de las capturas nacionales de batoideos (Ramos, 2019).

Las capturas del grupo de los pargos han disminuido debido a la pesca intensiva ejercida sobre las especies durante las agregaciones en la época de desove (Claro *et al.*, 2009; Valle *et al.*, 2011). Esta situación se aprecia en la plataforma Nororiental de Cuba donde se ha registrado una notable disminución del pargo criollo y en menor medida de la biajaiba, predominando al igual que la presente investigación los batoideos, pataos y mojarras (Ramos, 2017). Es de esperarse que ocurra una disminución de las especies de niveles tróficos superiores, como los lutjánidos (pargo, biajaiba) y el aumento de las especies de niveles tróficos inferiores (planctófagas y bentófilas) de menor valor y mayor abundancia, como las sardinas y las mojarras (Puga *et al.*, 2018).

Las principales causas atribuidas a la disminución de la captura en la Zona A son la incidencia de la presión pesquera y el aumento de la capacidad de agua embalsada (Revilla y Rodríguez 1993-1994; Font, 2000). La evidente disminución en el grupo de chucho-rayas, biajaiba, pargo criollo y sierra-serruchos, se corrobora con lo observado desde hace décadas por varios autores los que mencionan que, diversos recursos pesqueros en aguas cubanas se encuentran en el máximo nivel de explotación o sobreexplotación, llegando algunos al colapso (Baisre, 2000, 2018; Au *et al.*, 2014) y con estudios más recientes (Alzugaray *et al.*, 2019) que han determinado que las poblaciones se encuentran agotadas. La principal causa atribuida es el aumento de la capacidad de agua embalsada, que provoca la alteración de la distribución y el patrón estacional de especies marinas que viven en esteros y lagunas costeras en alguna etapa de su ciclo de vida (Garcés y Betanzos, 2010), dada por los incrementos de la salinidad y disminución de la productividad orgánica primaria. Esto ha ocurrido con el represamiento del río Cauto, al disminuir el aporte de nutrientes a la zona costera del golfo de Guacanayabo.

Las capturas de patao-mojarra realizadas por los camaroneros se mantienen por debajo de las otras flotas, principalmente a finales del periodo, mientras que las de pargo poseen alta variación durante los años.

Las disminuciones observadas en la biajaiba y batoideos son alarmantes, ya que la primera es susceptible a ser atrapada desde juvenil a adulto en el Golfo y la segunda se captura de forma importante por otras flotas. Estos resultados concuerdan con la situación presentada en otras regiones de la plataforma (Ramos, 2017). Font (2000) reportó que la población de biajaiba en la zona suroriental se encuentra sobreexplotada como consecuencia del alto nivel de esfuerzo ejercido por la flota escamera, el deterioro de las zonas de cría y la influencia de la pesca de arrastre camaronero sobre los estadios juveniles de la misma. La abrupta disminución del rendimiento por la flota camaronera en la biajaiba y batoideos a partir del 2010 (llegando al nivel de las otras flotas) ratifica la presión pesquera sobre estas especies en el área. Probablemente se llegó a una sobreexplotación en dicho año, ya que posteriormente se afectaron negativamente las capturas de manera drástica.

CONCLUSIONES

La Flota que utiliza el chinchorro (boliche y bolapié) es la que mayor impacto en cuanto a volumen de captura presenta sobre la ictiofauna del golfo de Guacanayabo, seguido por las redes de enmalle, red de arrastre camaroneras y palangre. Se aprecia una disminución en la captura de algunos de los grupos considerados de alto interés comercial, como fueron chucho-rayas, biajaiba, pargo criollo, sierra-serruchos, pargo y machuelo, siendo mayor la disminución en este último. La pesquería de camarón, aunque en la actualidad no reporta volúmenes cuantiosos de captura en el AFAC, fue la flota que mayor presión ejerció sobre el grupo de batoideos y la biajaiba, que los captura tanto en estado de juveniles como adultos, lo que impacta en la producción de otras flotas.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del personal técnico de la Empresa Pesquera Industrial de Granma (EPIGRAN) por la toma de datos.

REFERENCIAS

- Au, A., Zyllich, K. y Zeller, D. (2014). Reconstruction of total marine fisheries catches for Cuba (1950-2009). Fisheries catch reconstructions: Islands, Part IV. Fisheries Centre Research Reports, 22 (2), 25-32.
- Baisre, J. A. (2000). Chronicle of Cuban Marine Fisheries, 1935-1995: Trend Analysis and Fisheries Potential. Rome: FAO. Damming in Cuban Fisheries. Fisheries Research 81(2-3): 283-292.
- Baisre, J. A. (2004). La pesca marítima en Cuba. Ed. Científico-Técnica, La Habana.
- Baisre, J. A. (2018). An overview of Cuban commercial marine fisheries: the last 80 years. Bulletin of Marine Science, 94 (2), 359-375. Doi: <https://doi.org/10.5343/bms.2017.1015>

- Claro, R., Mitcheson, Y. S. de, Lindeman, K. C. & García-Cagide, A. R. (2009). Historical analysis of Cuban commercial fishing effort and the effects of management interventions on important reef fishes from 1960-2005. *Fisheries Research*, 99 (1), 7-16.
- Cuevas, G.A. & Torres, A.M. (2014). Distribución de *Urotrygon chilensis* (Günther, 1872) (Myliobatiformes: Urolophidae) en la plataforma continental del golfo de Tehuantepec, México. En: VI Simposium Nacional de Tiburones y Rayas. Sociedad Mexicana de Peces Cartilagosos. (AW Díaz, ed.), México, D.F., pp. 175–178.
- FAO (2004). Resumen informativo sobre la ordenación pesquera de la República de Cuba En: www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/CUB/body.htm FAO (2009). La pesca de camarón, a examen En: fao.org/news/story/es/ítem/10170/icode/
- FAO. (2006). Informe del Taller sobre Evaluación y Manejo de Elasmobranquios en América del Sur y Bases Regionales para los Planes de Acción (DINARA/FAO). Montevideo, Uruguay, 7-9 de noviembre de 2005. FAO Informe de Pesca. No. 798, Roma, FAO, 55 pp.
- Font, L. (2000). Reducción del impacto de las pesquerías de arrastre de camarón tropical sobre los recursos marinos vivos a través de la adopción de técnicas y prácticas protectoras del ambiente (EP/INT724/GEF). pp 30-32
- Garcés, Y., Betanzos, A. (2010): Efectos del aporte fluvial en la salinidad y los nutrientes del golfo de Guacanayabo, Cuba, en meses lluviosos de 2008 y 2009. Centro de Investigaciones Pesqueras. VI Taller Internacional CONyMa 2010. Ciudad de La Habana. <http://www.oceandocs.Org/handle/1834/3628>.
- García, E. (2002). Utilización de la fauna acompañante del camarón en Cuba. Reporte nacional Cuba. En: GEF/UNEP/FAO: “Reducción del impacto de las pesquerías de arrastre de camarón tropical sobre los recursos marinos vivos a través de la adopción de técnicas y prácticas protectoras del ambiente” (EP/INT/724/GEF). Taller Regional Costa Rica.
- Giménez, E.; Ramos, I. y Valle, S. (2016). Análisis de la productividad pesquera de la plataforma suroriental de Cuba. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 33 (1), 43-52. ISSN 0138-8452.
- González, P. M. & Valdés, J. (2011). Comportamiento de algunos parámetros hidrometeorológicos a largo plazo relacionados con el recurso camarón en sus condiciones naturales del golfo de Guacanayabo. Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas. Jornada Científica Estudiantil 2011. Documento de consulta. Archivo de INSTEC.
- Puga, R., Valle, S., Kritzer, J. P., Delgado, G., León, M. E. de, Giménez, E. & Karr, K. A. (2018). Vulnerability of near shore tropical finfish in Cuba: Implications for scientific and management planning. *Bulletin of Marine Science*, 94 (2), 377-392.
- Ramos, I. (2017). Estado actual de las capturas de peces en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 34 (1), 43-50. ISSN 0138-8452.
- Ramos, I. (2019). Capturas de los elasmobranquios (tiburones y rayas) en la plataforma cubana. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 36 (2), 47-51. ISSN 0138-8452.

- Revilla, N., y A. RODRÍGUEZ del REY (1993-1994): Mapificación de los tipos de fondo del golfo de Ana María, Cuba empleando la teledetección. *Rev. Invest. Mar.*, 18(3): 60-62
- Res. MINAL (2012). Resolución MINAL No. 503/12.
- Res. MIP (1996). Resolución MIP No. 561.
- Res. MIP (2009). Resolución MIP No. 126.
- Sánchez, R. & Delgado, C. M. (2016). Manual de los artes de pesca de Cuba. MINAL. CIP.68 p
- Valdés, E. & Sotolongo, M. C. (1983). Algunos aspectos de la biología y pesquería del machuelo (*Opisthonema oglinum*) de la plataforma suroriental cubana. *Rev. Cub. Inv. Pesq.*, 8 (1), 66-96.
- Valle, S. (2000). Impacto de la fauna acompañante de la pesquería de camarón sobre la pesca comercial de peces en la región suroriental de Cuba. EP/GLO/201/GEFftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/rebyc/cuba/Impacto/fauna.pdf].
- Valle, S., Sosa, M., Puga, R., Font, L. & Duthit, R. (2011). Coastal fisheries of Cuba. In S. Salas, R. Chuenpagdee, C. A. & S. J. C. (Eds.), Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean (pp. 155-174). Rome: FAO Wikipedia (2021). En: [es.m.wikipedia.org/wiki/Golfo de Guacanayabo](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Golfo_de_Guacanayabo)



Estudio de la variabilidad molecular en poblaciones mediterráneas del cangrejo marino *Liocarcinus depurator*

Study of molecular variability in Mediterranean populations of the marine crab *Liocarcinus depurator*

Francesc Mestres^{1*}, Elvira Luna¹,
Sergi Lacueva¹, Pere Abelló²

¹Dept. de Genètica, Microbiologia i Estadística, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.

²Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC), Barcelona, España.

Francesc Mestres   fmestres@ub.edu

RESUMEN | El cangrejo marino *Liocarcinus depurator* es una especie que habita en los fondos fangosos de la plataforma y de la parte superior del talud continental de las costas peninsulares ibéricas y que presenta interés comercial. Los adultos no tienen grandes desplazamientos, pero sus larvas, epipelágicas, pueden ser desplazadas a grandes distancias mediante las corrientes marinas superficiales. No obstante, estas mismas corrientes, al generar remolinos y giros, pueden producir barreras oceanográficas que dificultan o incluso impiden el flujo génico entre las poblaciones. Por esta razón, *L. depurator* es una buena especie modelo para analizar el efecto de los frentes oceanográficos sobre la conectividad poblacional. Para este estudio se analizó la variabilidad molecular de un fragmento del gen mitocondrial *Citocromo Oxidasa subunidad I (COI)* en seis poblaciones del Mediterráneo peninsular muestreadas en el año 2021: Oeste del Mar de Alborán, Alicante, Valencia, Delta del Ebro, Centro y Norte de Catalunya. Las 91 secuencias obtenidas pertenecían a 19 haplotipos diferentes. Todas ellas se clasificaron en dos haplogrupos bien definidos: ATL, dominante en aguas de influencia atlántica, y MED, en las de influencia mediterránea. Se encontró un haplotipo (Ldep_77) no detectado previamente en el Mediterráneo occidental, pero sí en aguas de Grecia. Para el gen *COI*, parecía existir una diferenciación entre las muestras del mar de Alborán y las de la zona levantino/catalana. Además, al analizar la distribución de los haplogrupos en nuestras poblaciones se observó que el efecto del Frente Almería-Orán era significativo, confirmando la importancia que dicha barrera tiene en la reducción del flujo génico. Esta información

Palabras clave | cangrejo, corrientes, frentes oceanográficos, *Citocromo Oxidasa* subunidad I, conectividad.

es relevante para la adecuada definición de las AMP (Áreas Marinas Protegidas) así como para la gestión de los recursos pesqueros.

ABSTRACT | The marine crab *Liocarcinus depurator* is a species that inhabits the muddy bottoms of the shelf and the upper part of the continental slope of the Iberian Peninsula coasts and shows a certain commercial interest. Adults do not apparently show large-scale displacements, but their larvae, which are epipelagic, can be transported great distances by surface ocean currents. However, these same currents, by generating eddies and gyres, can produce oceanographic barriers that hinder or even prevent gene flow between populations. For this reason, *L. depurator* is a good model species to analyse the effect of oceanographic fronts on population connectivity. For this study, the molecular variability of a fragment of the *Cytochrome Oxidase subunit I (COI)* mitochondrial gene was analysed in six Iberian peninsular Mediterranean populations sampled in 2021: West of the Alboran Sea, Alicante, Valencia, Ebro Delta, Central and North of Catalonia. The 91 sequences obtained belonged to 19 different haplotypes. All of them were classified into two well-defined haplogroups: ATL, dominant in Atlantic-influenced waters, and MED, in Mediterranean-influenced waters. A previously undetected haplotype (Ldep_77) was found in the western Mediterranean, but it was found in Greek waters. For the *COI* gene, there seemed to be a differentiation between the samples from the Alboran Sea and those from the Levantine/Catalan area. In addition, when analysing the distribution of haplotypes in our populations, it was observed that the effect of the Almeria-Oran Front was significant, confirming the importance of this oceanographic barrier in reducing gene flow. This information is relevant for the proper definition of MPAs (Marine Protected Areas) as well as for the management of fishery resources.

Keywords |
crab,
currents,
oceanographic fronts,
Cytochrome Oxidase subunit I,
connectivity.

INTRODUCCIÓN

La pesca de crustáceos constituye un sector económico importante para nuestro país. Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2022) el peso vivo en toneladas de crustáceos y su valor en miles de euros fue respectivamente de: 9.430 y 154.304,97 para 2018, 8.252 y 117.428,03 para 2019 y finalmente 8.244 y 11.843,77 para 2020. Respecto al año 2020, un 38,69% del total de crustáceos pescados lo fue en el Mediterráneo. De acuerdo con el Instituto de Estadística de Catalunya (Dept. de Acció climàtica, Alimentació y Agenda rural de la Generalitat de Catalunya, 2022) del total de crustáceos capturados en la costa catalana en el año 2021 (1.963,3 toneladas) un 25,32% (497,1 toneladas) fueron de cangrejos. *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) es uno de los componentes destacados en el grupo de los cangrejos, pescándose habitualmente en nuestros mares al ser una especie común y abundante (Abelló et al., 1988, 2002; Rufino et al., 2005; Círcoles

et al., 2022). Recibe diferentes nombres en función de la zona donde se pesca y comercializa: cangrejo de sopa, volador, falsa nécora, cranc, cranc blanc y otros. Desde la perspectiva gastronómica, dicha especie se usa en la preparación de sopa y caldo de pescado, salsa de marisco, paellas y platos de arroz.

El cangrejo *L. depurator* es un crustáceo braquiuro perteneciente a la familia Polybiidae. Morfológicamente se trata de un decápodo con un caparazón finamente granulado que presenta en el cefalotórax cinco espinas anterolaterales cortas y puntiagudas (Abelló, 2008). Otro aspecto distintivo de esta especie es el extremo del dácilo del quinto par de pereiópodos, el cual está aplanado en forma de paleta y presenta una coloración morada. Estas estructuras permiten a los individuos una cierta capacidad natatoria. Esta especie se encuentra distribuida por todo el Mediterráneo, así como a lo largo de las costas del Atlántico oriental, desde Mauritania hasta las costas de Noruega. Respecto a su hábitat *L. depurator* es un crustáceo dominante en fondos fangosos de la plataforma continental, presente habitualmente a una profundidad comprendida entre 50 y 200 metros, y con menores densidades ocupa también el talud continental superior hasta unos 400-500 m (Abelló *et al.*, 2002). Esta especie realiza un papel importante en las interrelaciones tróficas del ecosistema bentónico puesto que se comporta principalmente como un depredador, alimentándose a base de pequeños peces, moluscos, cefalópodos, foraminíferos y crustáceos, entre otros (Abelló y Cartes, 1987). Al no presentar requerimientos ecológicos demasiado estrictos, es una especie con gran poder colonizador. Sin embargo, su reproducción, al ser preferentemente invernal, estaría afectada negativamente por el calentamiento de las aguas en relación con el cambio climático. Adicionalmente, se ha detectado una disminución significativa de su talla durante los últimos años, lo que se ha puesto en relación con la disminución de las condiciones óptimas del hábitat en el que se desarrolla (Abelló, 2008).

Como ya se ha comentado, los adultos se asientan en sedimentos fangosos, pero en estado larvario se trata de una especie planctónica y, por tanto, la dispersión de los individuos se produce mayoritariamente en esta fase. Dicha dispersión viene condicionada por los patrones y la intensidad de las corrientes y frentes marinos que afectan y alteran la movilidad de las larvas. El efecto de los frentes oceanográficos sobre la migración de los organismos no es homogéneo, sino que depende de cada especie. Además, la intensidad y localización precisa de dichas barreras oceanográficas puede variar a lo largo del tiempo. El efecto de los frentes reduce el flujo genético en especies de alta movilidad con una duración del estadio larval planctónico de más de 2-4 semanas, como es el caso de *L. depurator* (Pascual *et al.*, 2017). La dispersión de los individuos se produce mayoritariamente durante el primer mes de vida, el cual corresponde a fases larvarias. Durante este período, dichas larvas son empujadas por las corrientes obteniendo de esta manera una dispersión entre moderada y grande.

En un estudio preliminar (García-Merchán *et al.*, 2012) se analizaron los niveles de variabilidad para el gen *COI* (*Citocromo Oxidasa subunidad I*), habitualmente utilizado para identificar correctamente las especies, ya que para muchas de ellas dicho gen presenta gran variabilidad interespecífica y baja intraespecífica. Sin embargo, se observó que *L. depurator* también mostraba una gran variabilidad nucleotídica para dicho gen. Esta característica genética junto a su capacidad dispersiva en estado larvario, convertían a nuestra especie en un excelente modelo para estimar la conectividad interpoblacional y analizar el efecto de los frentes oceanográficos. La hipótesis por comprobar era que los frentes oceánicos reducen la conectividad interpoblacional y que además son variables en el tiempo respecto a su intensidad y localización precisa. Para analizar dichos efectos se estudiaron varias poblaciones de *L. depurator* a lo largo de la transición atlanto-mediterránea (Pascual *et al.*, 2016). Como se comprobó que dichos fenómenos podían variar a lo largo del tiempo, posteriormente se pensó analizarlos de forma sistemática en la misma región (poblaciones de la transición atlanto-mediterránea). Para ello, se diseñaron dos series quinquenales estudiando en cada una de ellas los cinco años implicados de manera consecutiva: la primera desde 2014-2018 y la segunda 2019-2023. Sin embargo, la pandemia COVID-19 trastocó la planificación al no poderse obtener muestras en la primavera de 2020. Para tener años consecutivos sin interrupción se agruparon los pertenecientes al periodo 2014-2019, generando una serie continua de seis años (Mestres *et al.* 2021; Ojeda *et al.*, 2022). La siguiente serie temporal se inició en 2021. Los resultados obtenidos para dicho año son los que se presentan en el presente capítulo. Está previsto prolongar la serie temporal hasta 2025.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo de los individuos

En el año 2021 no fue posible obtener ni procesar directamente las muestras en el buque oceanográfico *Miguel Oliver*, puesto que, debido a la pandemia COVID-19, no pudo embarcarse ningún miembro del grupo para muestrear la especie. Por tanto, todos los cangrejos del presente proyecto fueron recolectados por colaboradores, congelados y posteriormente enviados para su procesamiento genético. Las poblaciones que pudieron muestrearse fueron: Oeste del mar de Alborán (WALB), Alicante (ALAC), Valencia (VALE), Delta del Ebro (DELT), Catalunya Central (CCAT) y Norte de Catalunya (NCAT) (Figura 1). Las áreas que describen cada población fueron: WALB, desde el Estrecho de Gibraltar hasta el Cabo de Sacratif; ALAC, desde el Cabo de Palos hasta el Cabo La Nao; VALE, desde el Cabo de La Nao hasta Castelló-Columbretes; DELT, desde Castelló-Columbretes hasta Tarragona; CCAT, desde Tarragona a Barcelona; NCAT, desde Barcelona hasta el Cabo de Creus.

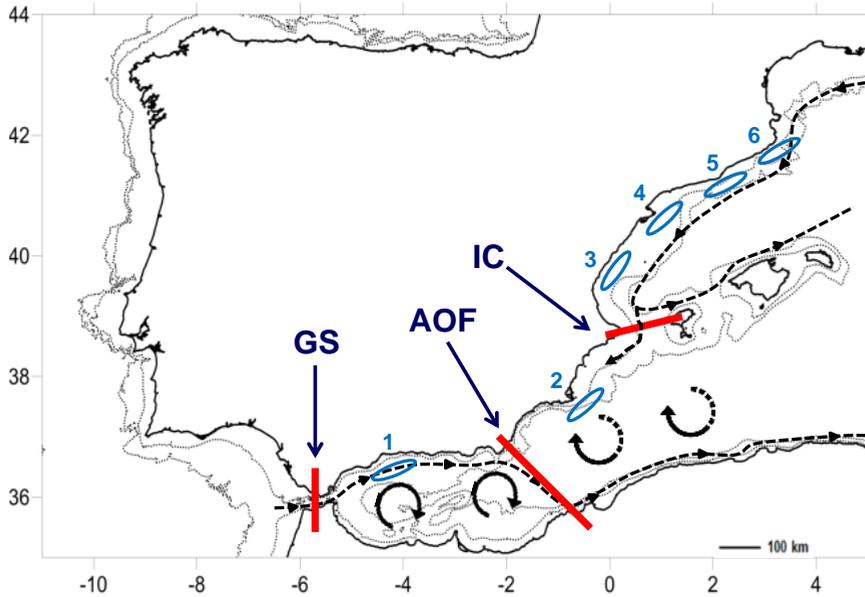


Figura 1. Mapa de la región mediterránea que ha sido el área de nuestro estudio. En negro se muestran las principales corrientes y giros. En rojo se presentan los frentes oceanográficos: GS, Estrecho de Gibraltar; AOF, Frente Almería-Orán; IC, Canal de Ibiza. Las poblaciones muestreadas se muestran en azul y fueron las siguientes: (1) Oeste de Mar de Alborán; (2) Alicante; (3) Valencia; (4) Delta del Ebro; (5) Catalunya Central; (6) Norte de Catalunya.

Todas las muestras se recogieron durante la campaña MEDITS (*Mediterranean International Trawl Survey*) de primavera de 2021, la cual fue financiada por la Comisión Europea y llevada a cabo por el Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC). Los muestreos se realizaron mediante lances de pesca de arrastre científico en un rango de profundidad comprendido entre 40-800 m. La población de Valencia fue completada con individuos aportados por el Dr. Ferran Palero (Universitat de València) provenientes de la costa de Cullera.

Clasificación de los cangrejos, extracción, amplificación y secuenciación del DNA

Los cangrejos recolectados fueron transportados congelados al Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (ICM-CSIC). Como en el medio natural coexisten individuos de diferentes edades y para evitar usar cangrejos de distintas cohortes (grupos anuales) dentro de un mismo año, los especímenes de *L. depurator* fueron medidos, y sólo aquellos con un caparazón superior a 41 ± 6 mm fueron seleccionados, ya que corresponderían a individuos adultos de un año, ya que la fase principal de dispersión (en estado de larva planctónica) de dichos cangrejos tuvo lugar durante el año anterior.

La posterior preparación de las muestras consistió en la disección de un fragmento de pereiópodo (tórax en el caso de individuos de pequeña talla), el cual era deshidratado en un mínimo de dos lavados en alcohol de 96° y conservados a 4°C. La correcta deshidratación de las muestras es fundamental para que el DNA no se degrade. Los cangrejos del sector VALE enviados por el Dr. Palero ya habían sido medidos, diseccionados y convenientemente preservados en alcohol.

Posteriormente, en el laboratorio se tomaba una pequeña fracción de tejido muscular para extraer el DNA mediante columnas QIAmp® DNA Mini Kit (Qiagen Inc.) según las instrucciones del fabricante. El fragmento del gen *Citocromo Oxidasa subunidad I (COI)* se amplificó mediante una reacción de PCR utilizando los *primers* universales de Folmer *et al.* (1994). Los detalles de la reacción de PCR y limpieza de los productos pueden encontrarse en Pascual *et al.* (2016). Por último, la secuenciación fue realizada en los Serveis Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona.

Análisis de las secuencias y cálculos genético-poblacionales

Las secuencias obtenidas se revisaron visualmente, se alinearon y cortaron para obtener los fragmentos finales de 527 pb del gen *COI* empleando BioEdit v7.2.6.1 (Hall, 1999). Las estimas de la diversidad molecular, las distancias genéticas (GammaST) y los valores para el estadístico Snn se calcularon usando el software DnaSP v5.10.1 (Librado y Rozas, 2009). La corrección FDR (*False Discovery Rate*) según Benjamini y Hochberg (1995) fue utilizada en las situaciones de comparaciones múltiples, considerando la significación como $p\text{-valor} < 0,05$ en todos los casos. La identificación de los haplotipos se realizó utilizando la misma nomenclatura que la empleada en trabajos anteriores (García-Merchán *et al.*, 2012; Pascual *et al.*, 2016; Mestres *et al.*, 2021; Ojeda *et al.*, 2022). Con todas las secuencias obtenidas se construyó una red de haplotipos basada en el algoritmo *Median Joining* (Bandelt *et al.*, 1999) utilizando el software NETWORK v5 de Fluxus Technology y también un árbol filogenético mediante el procedimiento *Neighbour Joining* del programario MEGA X (Kumar *et al.*, 2018). Finalmente, para analizar si existía relación entre las distancias genéticas y geográficas de las poblaciones estudiadas se calculó una prueba de Mantel y un Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) utilizando las funciones en lenguaje R *mantel* y *cmdscale* del paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2016).

RESULTADOS

Variabilidad para el gen *COI*

Para la muestra de 2021, se pudieron obtener 91 secuencias. Los valores para los distintos parámetros que cuantifican la variabilidad molecular se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Variabilidad genética del fragmento de 527pb del gen *COI* en las poblaciones de *L. depurator* analizadas en el año 2021. Abreviaciones: N, número de secuencias; H, número de haplotipos; S, número de posiciones polimórficas; Hd, diversidad haplotípica con la desviación estándar; $\pi(x100)$, diversidad nucleotídica con la desviación estándar. Abreviaturas para las poblaciones: (WALB) Oeste de Mar de Alborán; (ALAC) Alicante; (VALE) Valencia; (DELT) Delta del Ebro; (CCAT) Catalunya Central; (NCAT) Norte de Catalunya.

Población	N	H	S	Hd	$\pi(x100)$
WALB	18	9	14	0,837±0,066	0,530±0,072
ALAC	22	4	5	0,260±0,120	0,086±0,049
VALE	12	5	7	0,576±0,163	0,247±0,122
DELT	24	11	13	0,790±0,083	0,384±0,089
CCAT	6	3	4	0,600±0,215	0,253±0,122
NCAT	9	4	4	0,750±0,112	0,221±0,065
TOTAL	91	19	23	0,661±0,055	0,331±0,044

Debido a los pequeños valores muestrales de CCAT y NCAT, y en base a la relativa similitud oceanográfica, con ambas zonas altamente influenciadas por la corriente del Norte, se decidió agrupar ambas poblaciones en una sola y calcular las estimas conjuntamente. Dichos valores fueron: N = 15, H = 6, S = 8, Hd = 0,705±0,114 y $\pi(x100) = 0,242±0,073$. Comparativamente la diversidad molecular más elevada se observó en la población del Mar de Alborán, seguramente debido a que la mezcla de masas de agua de origen atlántico y mediterráneo incorporaba secuencias del gen *COI* de diferentes orígenes. En cambio, la más baja se detectó en Alicante, posiblemente por ser la última en el recorrido de la Corriente del Norte que, entrando por el Atlántico y siguiendo por las costas del norte de África, fluye por la costa italiana, el mar de Liguria, sur de Francia y costa catalano-levantina y no tener conectividad en el otro sentido debido al frente AOF (Figura 1).

En el presente estudio se identificaron 19 haplotipos diferentes, de los cuales 7 de ellos (desde Ldep_175 a Ldep_181) no se habían descrito en estudios previos. Fue muy interesante detectar el haplotipo Ldep_77 en la población de NCAT, que previamente sólo se había descrito en Grecia (García-Merchán, 2012). La red de haplotipos y el árbol filogenético obtenido con las secuencias se presentan respectivamente en las Figuras 2 y 3. Se corroboró que había dos grupos de secuencias (haplogrupos) claramente diferenciados, uno especialmente frecuente en aguas de origen atlántico (denominado ATL) y otro predominante en aguas mediterráneas (MED). El haplotipo más frecuente en el grupo ATL era el Ldep_03 y en el MED el Ldep_02.

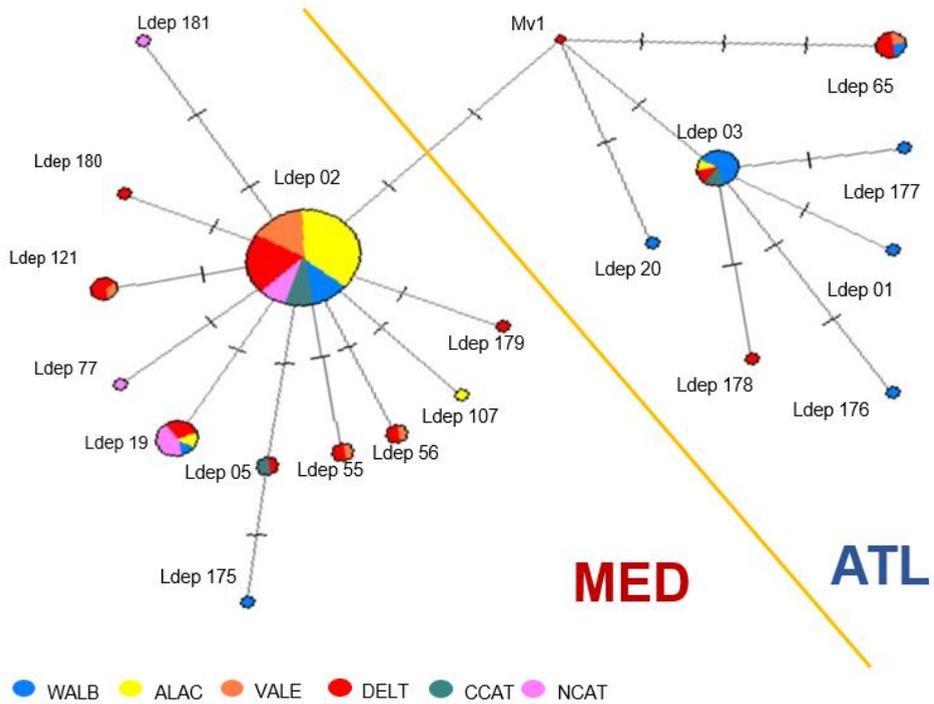


Figura 2. Red de haplotipos correspondiente a 2021. Los nodos indican los haplotipos y su tamaño es proporcional a su abundancia. Las ramas conectan nodos similares y las líneas transversales en las ramas indican cambios de nucleótidos. Los colores indican el origen poblacional de los haplotipos como indica la leyenda. La línea de color separa el haplogrupo atlántico (ATL) del mediterráneo (MED). Las abreviaturas de las poblaciones son las mismas que las utilizadas en la Tabla 1.

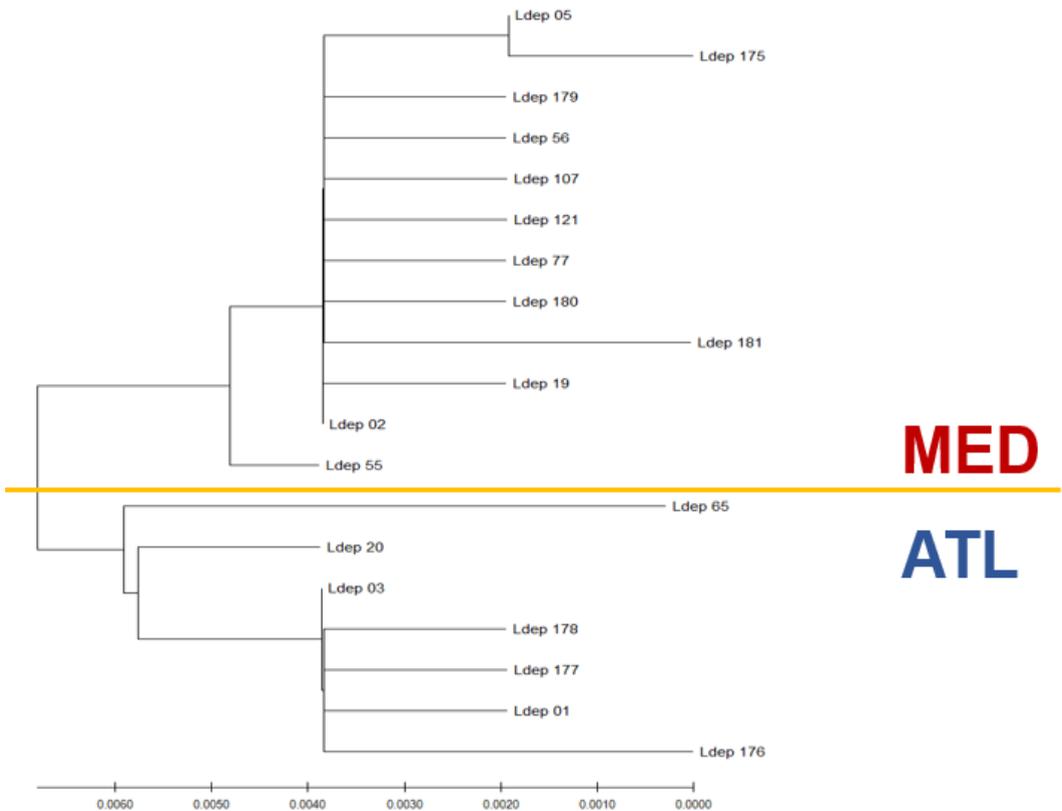


Figura 3. Árbol filogenético elaborado con las secuencias de 2021. La franja de color indica la primera partición que separa el haplogrupo atlántico (ATL) del mediterráneo (MED).

Diferenciación genética entre poblaciones y efecto de los frentes oceanográficos

La abundancia relativa, en porcentaje, de los haplogrupos atlántico (ATL) y mediterráneo (MED) en las seis poblaciones estudiadas se presenta en la Figura 4. La población del Oeste del mar de Alborán muestra una composición claramente diferente de las demás.

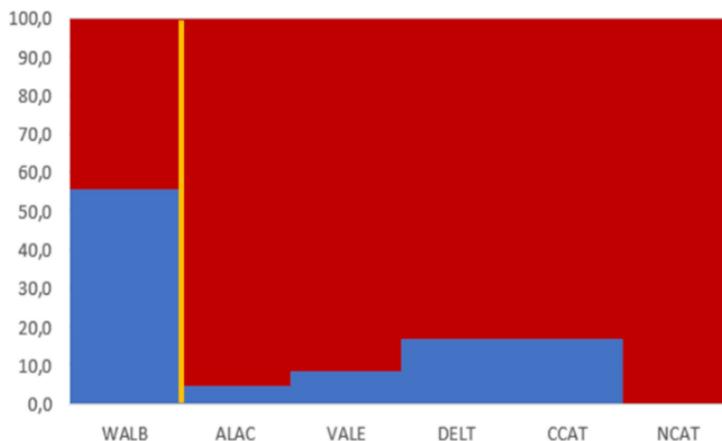


Figura 4. Porcentajes del haplogrupo atlántico (ATL en azul) y mediterráneo (MED en rojo) para las poblaciones estudiadas. Las abreviaturas de las poblaciones son las mismas que las utilizadas en la Tabla 1.

Para estudiar si la diferenciación entre las posibles parejas de poblaciones era significativa se calcularon los valores para GammaST entre todas ellas (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de GammaST y Snn acompañados de su correspondiente p-valor y del p-valor corregido. Los valores significativos se muestran en negrita. Las abreviaturas de las poblaciones son las mismas que las utilizadas en la Tabla 1.

Poblaciones	GammaST	Snn	p-valor	p-valor corregido
WALB-ALAC	0,198	0,617	0,000	0,000
WALB-VALE	0,140	0,606	0,012	0,051
WALB-DELT	0,094	0,558	0,105	0,225
WALB-CCAT	0,066	0,576	0,742	0,912
WALB-NCAT	0,169	0,669	0,012	0,051
ALAC-VALE	0,040	0,553	0,099	0,225
ALAC-DELT	0,032	0,512	0,272	0,408
ALAC-CCAT	0,042	0,639	0,790	0,912
ALAC-NCAT	0,080	0,648	0,016	0,051
VALE-DELT	0,010	0,471	0,892	0,918
VALE-CCAT	0,045	0,519	0,580	0,791
VALE-NCAT	0,086	0,612	0,017	0,051
DELT-CCAT	0,013	0,605	0,918	0,918
DELT-NCAT	0,046	0,634	0,187	0,351
CCAT-NCAT	0,104	0,562	0,243	0,405

Como puede observarse, después de la corrección estadística únicamente existe diferenciación significativa entre WALB y ALAC, poblaciones que precisamente están separadas por el frente Almería-Orán. En cambio, no se han encontrado diferencias significativas entre ALAC y VALE, luego el Canal de Ibiza no fue relevante, en este estudio, a efectos de la conectividad poblacional.

Finalmente, la prueba de Mantel ($r = 0,5583$; $p\text{-valor} = 0,101$) y el PCoA (la primera coordenada explicaba un 77,88% de la variabilidad y la segunda un 19,16%) mostraron que no había relación entre las distancias genéticas y las geográficas. En el PCoA (Figura 5) se pudo observar que WALB quedaba muy alejada de las otras poblaciones, corroborando lo observado en la figura 4.

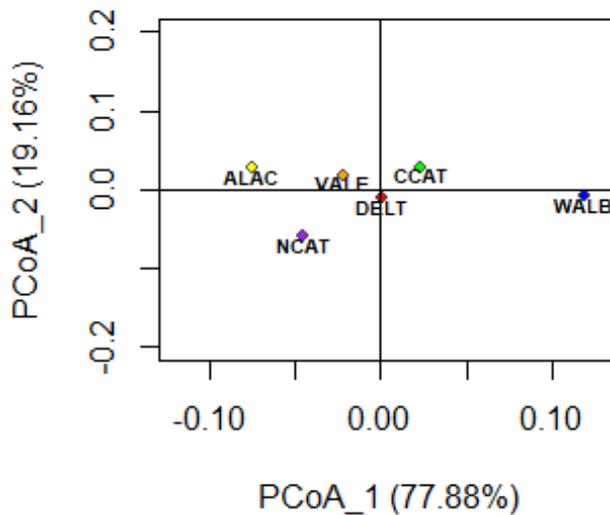


Figura 5. Representación gráfica del PCoA realizado a partir de la matriz de distancias genéticas de las poblaciones estudiadas. Las abreviaturas de las poblaciones son las mismas que las utilizadas en la Tabla 1.

DISCUSIÓN

En el año 2020, debido a la pandemia COVID-19, no pudo muestrearse *L. depurator* en la transición atlanto-mediterránea de la Península Ibérica. En el año siguiente, y a pesar de las muchas dificultades, fue posible obtener muestras de seis poblaciones de dicha región. Lamentablemente, no fue posible obtener una muestra del Golfo de Cádiz, fundamental para analizar el efecto del Estrecho de Gibraltar, el cual tiene un efecto importante en la diferenciación poblacional de la especie (Mestres *et al.*, 2021; Ojeda *et al.*, 2022). Tampoco se tuvieron cangrejos del Este del mar de Alborán, donde ya habitualmente es difícil, puesto que las condiciones ecológicas y

geomorfológicas no son las mejores para *L. depurator*, especie que prefiere los fondos fangosos frente a los arenosos o rocosos (Minervini *et al.* 1982). Al no contar con esta población no fue posible localizar con precisión la posición del frente Almería-Orán, como se había podido realizar en años previos (Mestres *et al.*, 2021; Ojeda *et al.*, 2022). Sin embargo, los resultados obtenidos en este año (2021) han sido valiosos, ya que se ha podido analizar la variabilidad molecular en seis poblaciones (cinco si se agrupan CCAT y NCAT) y también el efecto del frente Almería-Orán y del Canal de Ibiza. Se ha podido confirmar que todos los haplotipos encontrados en las 91 secuencias del gen *COI* analizadas pertenecían o bien al haplogrupo atlántico (ATL) o al mediterráneo (MED). El haplogrupo ATL únicamente se encontró en un porcentaje apreciable en la población WALB, puesto que es la que tiene una clara influencia de aguas de origen atlántico. En todas las demás, el haplogrupo mayoritario era el MED. Es de destacar que, en algunos de los años estudiados, como en 2021, la frecuencia del haplogrupo ATL en la población el Delta del Ebro puede alcanzar valores que rondan el 20% (Mestres *et al.*, 2021; Ojeda *et al.*, 2022). Esta situación podría deberse a que las aguas continentales que desembocan desde el río Ebro al mar disminuirían la salinidad en las zonas adyacentes, las cuales convertirían dicha zona en más propicia adaptativamente para los cangrejos portadores del haplogrupo ATL. Se debe recordar que la salinidad es un factor estresante para muchas especies de cangrejos marinos, ya que de ella depende en gran parte la energía que debe utilizarse para osmoregular (Warman *et al.*, 1991; Freire *et al.*, 2011; Xu *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015; Urzúa *et al.*, 2017).

Por otra parte, en nuestro estudio se identificaron siete haplotipos nuevos, de manera que para el fragmento de 527pb del gen *COI* en *L. depurator* se han descrito hasta el momento 181 haplotipos distintos. Muy interesante fue encontrar en NCAT el haplotipo Ldep_77, que hasta el momento solamente se había localizado en Grecia (García-Merchán, 2012). Podría ser que dicho haplotipo detectado en NCAT proviniese de una mutación *de novo* o que ambas secuencias tuviesen un mismo origen y haberse expandido por el Mediterráneo. Respecto a la primera hipótesis, un solo cambio nucleotídico explicaría el paso desde el haplotipo Ldep_02 (el más común del haplogrupo MED) al Ldep_77 (Figura 2). Para la segunda opción la corriente atlántica que entra en el Mediterráneo por el Estrecho de Gibraltar se ramifica a nivel de Sicilia y una fracción penetra hacia la cuenca oriental (Rio *et al.*, 2007; El-Geziry y Bryden, 2010; Pascual *et al.*, 2017) pudiendo transportar larvas desde la región occidental a la oriental. También se conoce que existen corrientes marinas superficiales que desde Grecia podrían llegar a nuestras costas, ya que circulan desde el mar Jónico hasta el estrecho de Messina para posteriormente unirse a la corriente que proveniente del Atlántico alcanza el mar Tirreno, continua por el mar de Liguria y llega hasta Catalunya (Robinson *et al.*, 2001; Millot y Taupier-Letage, 2005; El-Geziry y Bryden, 2010). Por ejemplo, según Clusa *et al.* (2014) esta ruta podría haber servido para los desplazamientos de juveniles de la tortuga boba (*Caretta caretta*). Para poder discernir entre ambas hipótesis sería conveniente secuenciar un fragmento más largo de ambas muestras con el mismo haplotipo para analizar sus posibles semejanzas y diferencias.

Desgraciadamente, la muestra de Grecia ya no se conserva. También sería útil poder analizar más individuos de *L. depurator* de las costas griegas y mirar si existen más haplotipos comunes entre esta región y las costas del Mediterráneo occidental.

Este estudio ha puesto de manifiesto una vez más la importancia del frente Almería-Orán para la conectividad de *L. depurator* (Pascual *et al.*, 2016; Mestres *et al.*, 2021; Ojeda *et al.*, 2022). Dicha barrera es fundamental para entender el flujo génico entre poblaciones de diferentes especies marinas (para una revisión reciente del tema recomendamos Pascual *et al.*, 2017 y Ojeda *et al.*, 2022). Se ha apreciado de nuevo que las poblaciones del mar de Alborán presentan una constitución genética particular, al menos para el gen *COI*. En consecuencia, esta información debería tenerse en cuenta en la definición de las Áreas Marinas Protegidas y también en la conservación y gestión de los recursos pesqueros. Finalmente, cabe remarcar que para el año 2021 no se ha apreciado ningún efecto del Canal de Ibiza sobre el flujo génico interpoblacional. En la anterior serie temporal, únicamente en un solo año de los seis estudiados (2016) dicho canal mostró un efecto significativo reduciendo la conectividad entre las poblaciones que quedaban a cada uno de sus lados (Ojeda *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

1. Las 91 secuencias para el fragmento de 527pb del gen *COI* de *L. depurator* obtenidas en las muestras de 2021 en las poblaciones de Oeste del mar de Alborán, Alicante, Valencia, Delta del Ebro, Catalunya Central y Norte de Catalunya se clasificaron todas en dos haplogrupos bien definidos, el atlántico (ATL) y el mediterráneo (MED). Ambos se habían detectado con anterioridad en otros estudios realizados.

2. La mayor variabilidad nucleotídica correspondió a la población del Oeste del mar de Alborán. Este resultado sería consecuencia de la confluencia de aguas atlánticas y mediterráneas, favoreciendo la presencia de cangrejos de distintos orígenes. Dicha población se diferencia significativamente del resto de poblaciones levantinas y catalanas. Estos resultados son relevantes para definir correctamente, en base a la información biogeográfica, las Áreas Marinas Protegidas,

3. Por primera vez se ha detectado en el Mediterráneo occidental (NCAT) un haplotipo descrito previamente en Grecia (Ldep_77). Su origen podría ser por mutación o por flujo génico. Sería muy interesante poder recoger y analizar muestras de las costas griegas para conocer la variabilidad molecular para el gen *COI* de *L. depurator* en el Mediterráneo oriental.

4. El Frente Almería-Orán ha tenido un efecto significativo, disminuyendo el flujo génico entre las poblaciones de *L. depurator* en el año 2021. En consecuencia, es fundamental en la

diferenciación de las poblaciones de dicha especie en la transición atlanto-mediterránea.

Agradecimientos

Queremos dar las gracias a todas las personas que recolectaron las muestras durante la campaña MEDITS para poder realizar el presente proyecto y también al Dr. Ferran Palero por proporcionarnos individuos adicionales de la población de Valencia. Sin la ayuda de todos ellos no hubiésemos podido llevar a cabo este trabajo. Esta investigación fue financiada por los proyectos: PID2020-118550RB (MCIN/AEI/10.13039/501100011033), 2017SGR 1120 (Generalitat de Catalunya, Spain) y CGCAT (ARP140/20/000006).

REFERENCIAS

- Abelló P. (2008). Crustáceos. Los Decápodos. Los Portúnidos. En: La riqueza de nuestros mares: especies de interés del sector pesquero español. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España. pp: 599-622.
- Abelló P., Cartes J. (1987). Observaciones sobre la alimentación de *Liocarcinus depurator* (L.) (Brachyura: Portunidae) en el Mar Catalán. Investigaciones Pesqueras, 51 (Supl. 1): 413-419.
- Abelló P., Valladares F.J., Castellón A. (1988). Analysis of the structure of decapods crustacean assemblages off the Catalan coasts (North-West Mediterranean). Marine Biology, 98: 39-49.
- Abelló P., Carbonell A., Torres P. (2002). Biogeography of epibenthic crustaceans on the shelf and upper slope off the Iberian Peninsula Mediterranean coasts: implications for the establishment of natural management areas. Scientia Marina, 66 (Suppl. 2): 183-198.
- Bandelt H.J., Forster P., Röhl A. (1999). Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. Molecular Biology and Evolution, 16: 37-48.
- Benjamini Y., Hochberg, Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: A practical and powerful approach to multiple testing. Journal of the Royal Statistical Society B (Statistical Methodology), 57: 289-300.
- Ciércoles C., García-Ruíz C., Abelló P., Hidalgo M., Torres P., Gonzalez M., Mateo-Ramírez A., Rueda J.L. (2022). Decapod crustacean assemblages on trawlable grounds in the northern Alboran Sea and Gulf of Vera. Scientia Marina, 86: e039.
- Clusa M., Carreras C., Pascual M., Gaughran S.J., Piovano S., Giacoma C., Fernández G., Levy Y., Tomás J., Raga J.A., Maffucci F., Hochscheid S., Aguilar A., Cardona L. (2014). Fine-scale distribution of juvenile Atlantic and Mediterranean loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. Marine Biology, 161: 509-519.
- El-Geziry T.M., Bryden I.G. (2010). The circulation pattern in the Mediterranean Sea: issues for modeller consideration. Journal of Operational Oceanography, 3: 39-46,
- Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. (1994). DNA primers for amplification of

- mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3: 294-299.
- Freire A.C., Togni V.G., Hermes-Lima, M. (2011). Responses of free radical metabolism to air exposure or salinity stress, in crabs (*Callinectes danae* and *C. ornatus*) with different estuarine distributions. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 160: 291-300.
- García-Merchán, V.H. (2012). Estructura genética poblacional y discontinuidades oceanográficas en crustáceos decápodos. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, España. 154 pp.
- García-Merchán V.H., Robainas-Barcia A., Abelló P., Macpherson E., Palero F., García-Rodríguez M., Gil de Sola L., Pascual M. (2012). Phylogeographic patterns of decapod crustaceans at the Atlantic–Mediterranean transition. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62: 664-672.
- Hall T. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41: 95-98.
- Instituto de Estadística de Catalunya. (2021). Dept. de Acció climàtica, Alimentació y Agenda rural. Generalitat de Catalunya. [en línea]. (<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15444&lang=es>).
- Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35: 1547-1549.
- Li E., Wang S., Li C., Wang X., Chen K., Chen L. (2014). Transcriptome sequencing revealed the genes and pathways involved in salinity stress of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *Physiological Genomics*, 46: 177-190.
- Librado P., Rozas J. (2009). DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, 25: 1451-1452.
- Mestres F., Sellés M., Rojo E., Lagares C., Serra B., Ojeda V., Abelló P. (2021). La conectividad entre poblaciones del cangrejo marino *Liocarcinus depurator* en la transición Atlántico-mediterránea. En: X Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui., Ed. AFRIMAR-AFIRMA, Las Palmas de Gran Canarias, España. pp. 495-511.
- Millot C., Taupier-Letage I. (2005). Circulation in the Mediterranean Sea. The handbook of environmental chemistry. Vol 5, Part K. Springer, Berlin, Germany. pp. 29-66.
- Minervini R., Giannotta M., Falciari L. (1982). A preliminary report on the decapod crustaceans in the estuarine area of the Tiber. *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca*, 3: 305-318.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). Estadísticas pesqueras Servicio de Estadística de la Pesca. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. [en línea]. (https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/estadisticas_pesqueras_2022-04_tcm30-618641.pdf).
- Ojeda V., Serra B., Lagares C., Rojo-Francàs E., Sellés M., Marco-Herrero E., García E., Farré M., Arenas C., Abelló P., Mestres F. (2022). Interannual fluctuations in connectivity among crab

- populations (*Liocarcinus depurator*) along the Atlantic-Mediterranean transition. *Scientific Reports* 12: 9797.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlenn D., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E., Wagner H. (2016). *Vegan*: community ecology package. R package *vegan*, v. 2.4-0.
- Pascual M., Rives B., Schunter C., Macpherson E. (2017). Impact of life history traits on gene flow: A multispecies systematic review across oceanographic barriers in the Mediterranean Sea. *PLoS One*, 12: e0176419.
- Pascual M., Palero F., García-Merchán V.H., Macpherson E., Robainas-Barcía A., Mestres F., Roda T., Abelló P. (2016). Temporal and spatial differentiation in the crab *Liocarcinus depurator* across the Atlantic-Mediterranean transition. *Scientific Reports*, 6: 29892.
- Rio M.-H., Poulain P.-M., Pascual A., Mauri E., Larnicol G., Santoleri R. (2007). A mean dynamic topography of the Mediterranean Sea computed from altimetric data, in-situ measurements and a general circulation model. *Journal of Marine Systems*, 65: 484-508.
- Robinson A.R., Leslie W.G., Theocharis A., Lascaratos A. (2001). Ocean circulation currents: Mediterranean Sea Circulation. In: Turekian K.K., Thorpe S.A. (eds.). *Encyclopedia of ocean sciences*. Academic Press, London, U.K. pp. 1689-1703.
- Rufino M., Abelló P., Yule A.B., Torres P. (2005). Geographic, bathymetric and inter-annual variability in the distribution of *Liocarcinus depurator* (Brachyura: Portunidae) along the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *Scientia Marina* 69: 503-518.
- Urzúa A., Urbina M.A. (2017). Ecophysiological adaptations to variable salinity environments in the crab *Hemigrapsus crenulatus* from the Southeastern Pacific coast: Sodium regulation, respiration and excretion. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 210: 35-43.
- Warman C.G., Abelló P., Naylor E. (1991). Behavioural responses of *Carcinus mediterraneus* Czerniavsky, 1884 to changes in salinity. *Scientia Marina*, 55: 637-643.
- Xu Q., Liu Y. (2011). Gene expression profiles of the swimming crab *Portunus trituberculatus* exposed to salinity stress. *Marine Biology*, 158: 2161-2172.
- Zhang Y., Buchberger A., Muthuvel G., Li L. (2015). Expression and distribution of neuropeptides in the nervous system of the crab *Carcinus maenas* and their roles in environmental stress. *Proteomics*, 15: 3969-3979.

Pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU

Sustainable artisanal fishery in Lake Maracaibo within the framework of the UN Sustainable Development Goals

Royner Carrasquero, María Laura Hurtado-León, Néstor Pereira

Laboratorio de Cultivo de Invertebrados Acuáticos,
Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias,
La Universidad del Zulia, Venezuela.

Royner Carrasquero   royner.carrasquero@gmail.com

RESUMEN | El Lago de Maracaibo es el lago más grande de Sur América y uno de los más antiguos del mundo, representa un ecosistema de aguas salobres, fondos blandos y lodosos, bosques de manglar, y una vasta biodiversidad. Constituye un ambiente de alta importancia económica, social y cultural para la región Zuliana debido a sus abundantes recursos pesqueros y yacimientos de petróleo, siendo uno de los lugares extractivos más productivos del país. Este ecosistema está sujeto a una fuerte sobreexplotación pesquera llevada a cabo por las pesquerías artesanales poniendo en riesgo la continuidad de especies de gran importancia económica y ecológica entre los que se incluyen crustáceos y peces. Se identificaron 6 objetivos y 21 metas de desarrollo sostenible de la agenda 2030 de las Naciones Unidas que abarcan las dimensiones de esta propuesta, como también se establecieron 9 estrategias las cuales serían el medio para llevar a cabo una pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo. Además, para la articulación de este proyecto es necesaria la formación de alianzas estratégicas con los actores primarios y secundarios implicados en este sector económico (pescadores, cuerpos gubernamentales y estatales, instituciones públicas y privadas como las universidades de la región y empresas privadas).

Palabras clave |
Pesca Artesanal,
Objetivos de Desarrollo
Sostenible,
Sobrepesca,
Recursos pesqueros,
Lago de Maracaibo

ABSTRACT | Lake Maracaibo is the largest lake in South America and one of the oldest in the world, representing an ecosystem of brackish waters, soft and muddy bottoms, mangrove forests, and has a vast biodiversity. It is an environment of high economic, social, and cultural importance for this region due to its abundant fishery resources and oil deposits, being one of the most productive extractive places in the country. This ecosystem is subject to strong fishing overexploitation carried out by artisanal fisheries, putting at risk the continuity of 15 species of great economic and ecological importance, including crustaceans and fish. It was determined 6 objectives and 21 goals of sustainable development of the 2030 agenda of the United Nations were identified that cover the dimensions of this proposal, as well as 9 strategies which would be the means to carry out a sustainable artisanal fishery in Lake Maracaibo. In addition, for the articulation of this project, it is necessary to form strategic alliances with the primary and secondary actors involved in this economic sector (artisanal fishermen, government and state bodies, public and private institutions such as regional universities and private companies).

Keywords |
Artisanal Fishery,
Sustainable Development
Goals,
Overfishing,
Fishery resources,
Lake Maracaibo

INTRODUCCIÓN

La Región Zuliana presenta una situación geográfica ventajosa en lo referente a la disponibilidad y aprovechamiento de los recursos pesqueros. La quinta parte de su superficie total está representada por el Lago de Maracaibo, el cual comunica con el Mar Caribe a través del Golfo de Venezuela; debido a sus condiciones naturales y ecológicas, el Lago de Maracaibo es una fuente abundante de numerosas especies pesqueras. En el Lago de Maracaibo predomina la pesca artesanal, ya que representa el 95% de las capturas totales y el 75% en cuanto al valor de la producción, además cabe destacar que casi la totalidad de la extracción de crustáceos de alto valor económico se destina a la exportación, creando una fuente importante de divisas (Consejo Zuliano de Planificación, 1975).

La pesca se define como la captura de organismos acuáticos en zonas marinas, costeras e interiores, las cuales proporcionan alimentos, nutrición y son una fuente de ingresos para unos 820 millones de personas en todo el mundo. Sus operaciones se hacen mediante la recolección, procesamiento, comercialización y distribución de organismos acuáticos, y también forma parte de la identidad cultural tradicional de muchos pueblos (FAO, 2020).

La definición de pesquería artesanal o de pequeña escala resulta compleja en la literatura científica, ya que no existe un único método que la pueda definir o describir, debido a que involucra a diversos sectores, terminologías, instrumentos, embarcaciones, prácticas, comercios, marcos teóricos, objetivos de capturas, leyes y regulaciones. Por ello, existen varias clasificaciones las

cuales, además de encontrarse en constante cambio, pueda ocurrir que lo que se conoce en la actualidad como pesquería industrial, al pasar del tiempo podría ser llamada pesquería artesanal y las artesanales actuales podrían desaparecer (Rousseau *et al.*, 2019, Panayotou, 1983).

En términos comunes, la pesca artesanal o tradicional se puede definir como aquellas prácticas pesqueras a pequeña escala de baja tecnología y escaso capital, llevadas a cabo generalmente por familias de pescadores individuales en pequeñas embarcaciones (García 2009). En numerosos casos, estos pescadores pertenecen a grupos étnicos costeros o insulares, siendo su producción comúnmente no procesada y destinada principalmente al consumo local; en esta se utilizan técnicas de pesca tradicionales como caña y aparejos, flechas, arpones de pesca, redes y pequeños barcos de pesca tradicionales. Por esta razón, el estatus socioeconómico de la comunidad pesquera artesanal se ha convertido en un interés de las autoridades en los últimos años (Gürlek, 2021).

El desarrollo sostenible, a pesar de ser un concepto que todavía se encuentra en construcción debido a todas las dimensiones que abarca, se suele definir como la integración de las necesidades de la sociedad, el ambiente, además del crecimiento y desarrollo de la economía. Este lleva consigo la idea inherente de la implementación de programas localmente relevantes y culturalmente apropiados, tomando en cuenta las condiciones ambientales, económicas y sociales locales, buscando a satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro (Kamal, 2021; Kurtz, 2022; UNESCO). Los miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 Objetivos como parte de la agenda 2030, los cuales abarcan los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que constituyen un llamado universal con el propósito de poner fin a la pobreza, proteger el planeta, mejorar la calidad de vida y las perspectivas de las personas alrededor del mundo (ONU, 2015).

El objetivo 14 plantea regular de forma eficaz las capturas y poner fin a la sobrepesca, la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, así como las prácticas de pesca destructivas e implementar planes de gestión basados en la ciencia. Su propósito es restaurar las poblaciones de peces en el menor tiempo posible, al menos a niveles que puedan producir un rendimiento máximo sostenible según lo determinado por sus características biológicas (ONU, 2015).

En el sistema del Lago de Maracaibo se lleva a cabo una actividad pesquera artesanal no sostenible la cual puede ocasionar la sobreexplotación de especies de importante valor económico y ecológico para este ecosistema, tales como: *Callinectes sapidus* (Cangrejo Azul), *Penaeus schmitti* (Camarón Blanco) *Mylossoma acanthogaster* (Pámpano, especie endémica del lago), *Cynoscion acoupa* (curvina) (Andrade de Pasquier *et al.*, 1998; 1999; 2009; Campo *et al.*, 2015). Su explotación pone en riesgo la continuidad de su pesquería y provocando que las especies capturadas no dispongan del tiempo suficiente para recuperarse, causando que su población se reduzca cada vez

más (Ferguson, 2021). Estas especies son consideradas como recursos pesqueros de alta importancia para la región zuliana y al mismo tiempo su desaparición comprometería la fuente de ingresos y sustento alimenticio de muchas de las familias que habitan en las comunidades pesqueras, las cuales muestran bajos índices de desarrollo humano, alta vulnerabilidad e inseguridad alimentaria (González *et al.*, 2012). Cabe resaltar que la mayor parte de la producción de petróleo en Venezuela proviene de la cuenca del Lago de Maracaibo siendo este un área altamente productiva debido a sus abundantes recursos pesqueros, yacimientos de petróleo y gas (Klein, 2008, Area, 2011, Schenk *et al.*, 2017).

Venezuela cuenta con instrumentos jurídicos que regulan la actividad pesquera, con la finalidad de proteger los recursos hidrobiológicos y los ecosistemas acuáticos, además de beneficiar a los pescadores artesanales, sus asentamientos y comunidades. La Ley de Pesca y Acuicultura es uno de los principales instrumentos jurídicos con que cuenta el estado venezolano para promover, regular, inspeccionar, y controlar las pesquerías en el estado venezolano (República Bolivariana de Venezuela, 2014).

Las normas técnicas jurídicas contemplan desde el uso de artes de pesca, áreas permitidas para la pesca, aplicación de vedas en áreas de reproducción y refugio, control de la contaminación de distinta naturaleza y de la inocuidad de los productos y subproductos pesqueros, entre otras medidas. Sin embargo, la acción institucional para su aplicación es limitada y se necesita más coordinación para que el cumplimiento sea generalizado. No obstante, para lograr una actividad pesquera artesanal responsable, con un enfoque ecosistémico, que contribuya con la soberanía alimentaria, satisfacción de las necesidades de la población y el desarrollo sustentable, se necesita un alto nivel de concienciación de todos los actores involucrados en las actividades de pesquería.

Este sub-sector económico es de particular importancia gracias a las exportaciones que permiten la generación de divisas y también brinda alimento para las comunidades. Además, posee un significativo valor cultural e histórico, por lo tanto, los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas constituyen la base para el desarrollo de esta actividad, por lo que las familias y comunidades de pescadores deberían ser los principales interesados en su conservación y manejo sostenible.

Por lo antes expuesto, el presente análisis tiene como objetivo exponer la necesidad del mejoramiento de las prácticas pesqueras artesanales en el Lago de Maracaibo, con el propósito de adoptar nuevas estrategias para llevar un manejo sostenible de los recursos pesqueros, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la Organización de Naciones Unidas (ONU) y su agenda 2030.

METODOLOGÍA

Se realizó una investigación documental bibliográfica donde se compilaron y analizaron datos provenientes de artículos científicos arbitrados por pares extraídos de páginas web como Research Gate y Google Académico como también de material hemerográfico, periódicos virtuales, manuales de prácticas pesqueras artesanales, ley de pesca y acuicultura del estado venezolano con mayor énfasis la región Zuliana y Lago de Maracaibo. También se extrajo información de páginas web oficiales de organizaciones internacionales como la ONU (Organización de las Naciones Unidas) y la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); además, se hizo uso de información de páginas web de los ministerios que rigen las leyes ambientales de la República Bolivariana (INSOPESCA, MINEC, ICLAM) de Venezuela.

Organización de los datos

Se elaboraron tablas donde se organizaron los datos obtenidos sobre las especies de mayor demanda pesquera y sometidas a la sobreexplotación, los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda de las Naciones Unidas que se encuentran involucrados a las metas de interés, y además el planteamiento de estrategias que direccionarán la propuesta.

Descripción del área de estudio

El Sistema del Lago de Maracaibo es una extensa depresión costera al occidente de Venezuela, la cual comprende cuatro ecosistemas acuáticos interconectados:

(1) El Golfo de Venezuela, (2) Bahía “El Tablazo”, (3) Estrecho de Maracaibo, y (4) Lago de Maracaibo (Rodríguez *et al.*, 2000). El estrecho de Maracaibo y el Lago de Maracaibo (9°48'57"N 71°33'24"O) son ecosistemas predominantemente de agua dulce, con fondos fangosos, lagunas costeras, planicies de inundación y bosques de manglares que cubren la mayor parte de su costa (Medina y Barboza, 2003; 2006).

El Lago de Maracaibo es uno de los 17 lagos más antiguos en la tierra, el cual tiene orígenes tectónicos y costeros. Se estima que es el segundo más antiguo, debido a que se formó hace 36 millones de años, aproximadamente (Duker *et al.*, 2001). Es el lago más grande de América del Sur y está conectado con el Golfo de Venezuela por un estrecho en el norte, lo que lo hace ligeramente salino, además posee un volumen aproximado de 280,00 km³ abarcando una superficie de 13.010,00 km² y su profundidad máxima es de 60 m (*Worldlakes.org*).

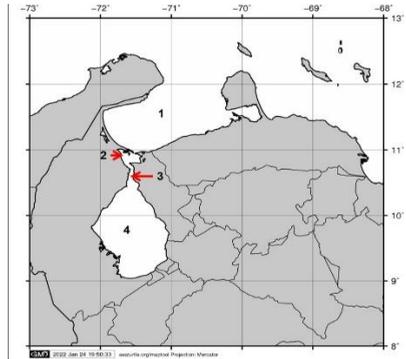


Figura 1. Sistema del Lago de Maracaibo. Está conformado por: (1): Golfo de Venezuela, (2): Bahía el Tablazo, (3): Estrecho de Maracaibo, (4): Lago de Maracaibo. Fuente: www.seaturtle.org.

RESULTADOS

Especies objetivo de la Pesquería Artesanal en el Lago de Maracaibo

En base al análisis de los datos obtenidos se pudieron determinar aspectos importantes de la pesquería artesanal en el Lago de Maracaibo. Son 21 las principales especies con mayor demanda y valor comercial, de las cuales 2 son crustáceos y 19 peces. Es importante resaltar que 9 de estas especies se encuentran en estado de sobreexplotación y los 6 restantes se les desconoce su estatus de explotación (Tabla 1).

Tabla 1. Especies con índices sobreexplotación por pesquerías artesanales en el Lago de Maracaibo.

Nombre Común	Nombre Científico	Estado
Cangrejo azul	<i>Callinectes sapidus</i>	Sobreexplotada
Camarón blanco	<i>Penaeus schmitti</i>	Sobreexplotada
Curvina	<i>Cynoscion maracaiboensis</i>	Sobreexplotada
Lisa	<i>Mugil sp.</i>	Desconocido
Mana Mana	<i>Potamorrhina laticeps</i>	Sobreexplotada
Bocachico	<i>Prochilodus reticulatus</i>	Sobreexplotada
Carpeta	<i>Eugerres sp.</i>	Desconocido
Bagres	<i>Arius sp.</i>	Desconocido
Armadillo	<i>Anphatorulus watwata</i>	Desconocido
Bagre blanco	<i>Pimelodus sp.</i>	Desconocido
Mariana	<i>Doraops zuloagai</i>	Desconocido
Pámpano	<i>Mylossoma acanthogaster</i>	Sobreexplotada
Bagre paletón	<i>Sorubim cuspicaudus</i>	Sobreexplotada
Malarmo	<i>Platysilurus malarmo</i>	Sobreexplotada

Fuente: Consejo Zuliano de Planificación 1975; Rodríguez et al., 2015

En la tabla 2 se muestran los datos suministrados por el Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura (INSOPESCA) de los kilogramos totales de especies capturadas en el Lago de Maracaibo en un plazo de 5 años, comprendiendo un intervalo desde el 2017 al 2021 (debido a dificultades presentadas en el año 2020 se imposibilitó la toma de datos). Además, se incluyen a especies que en décadas posteriores se encontraban registros de captura y su estado en la actualidad.

Tabla 2. Kilogramos de especies capturadas desde el año 2017 al 2021 en el Lago de Maracaibo

Especie	2017	2018	2019	2021
<i>Callinectes sapidus</i>	6.357.304	8.943.749	20.318.380	11.307.858
<i>Penaeus schmitti</i>	1.846.307	2.170.455	16.382.363	3.288.690
<i>Cynoscion maracaiboensis</i>	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>Mugil liza</i>	163.804	317.082	2.833.410	102.511
<i>Mugil curema</i>	282.314	586.557	3.586.882	168.614
<i>Cynoscion acoupa</i>	717.231	1.413.309	4.741.677	964.346
<i>Potamorrhina laticeps</i>	503,366	490,358	3,349,143	151,110
<i>Prochilodus reticulatus</i>	248,363	280,681	2,730,514	24,560
<i>Arius parkeri</i>	0	0	N/A	N/A
<i>Arius proops</i>	103.986	289.153	N/A	N/A
<i>Pimelodus blochi</i>	N/A	N/A	0	0
<i>Pimelodus navarroi</i>	0	0	0	630
<i>Anphatorulus watwata</i>	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>Doraops zuloagai</i>	441,080	489,161	2,426,928	103,370
<i>Mylossoma acanthogaster</i>	882	1,469	N/A	N/A
<i>Sorubim cuspicaudus</i>	63,175	33,352	830,365	2,400
<i>Platysilurus malarma</i>	84,889	79,837	827,899	120
<i>Schizodon corti</i>	15,776	4,268	N/A	N/A
<i>Ageneiosus pardalis</i>	N/A	N/A	0	4,240
<i>Perrunichthys perruno</i>	N/A	N/A	0	100
<i>Crossoloricaria venezuelae</i>	0	0	N/A	N/A

Fuente: INSOPESCA 2017-2021

Objetivos y Metas de los ODS 2030

De los 17 ODS que tiene la Agenda 2030 de la ONU, se seleccionaron y jerarquizaron 6 objetivos, con sus respectivas metas y submetas, que más se adecuan a la propuesta de trabajo que se desea desarrollar (Tabla 3). Dichos objetivos y metas seleccionadas le dan a la propuesta un enfoque multidimensional, abarcando diferentes áreas que se interrelacionan, que permitirán alcanzar los objetivos de la presente propuesta de forma integradora y con mayor eficiencia.

3. Objetivos de Desarrollo Sostenible Implicados en la Propuesta

Numero de Objetivos	Numero de Metas y Sub-metas
<p>No.14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.</p>	<p>14.4. Reglamentar eficazmente la explotación pesquera y poner fin a la pesca excesiva, la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada y las prácticas pesqueras destructivas, y aplicar planes de gestión con fundamento científico a fin de restablecer las poblaciones de peces en el plazo más breve posible, al menos alcanzando niveles que puedan producir el máximo rendimiento sostenible de acuerdo con sus características biológicas.</p> <p>14.6. Prohibir ciertas formas de subvenciones a la pesca que contribuyen a la sobrecapacidad y la pesca excesiva, eliminar las subvenciones que contribuyen a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada y abstenerse de introducir nuevas subvenciones de esa índole, reconociendo que la negociación sobre las subvenciones a la pesca en el marco de la Organización Mundial del Comercio debe incluir un trato especial y diferenciado, apropiado y efectivo para los países en desarrollo y los países menos adelantados.</p> <p>14.a. Aumentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina, teniendo en cuenta los Criterios y Directrices para la Transferencia de Tecnología Marina de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, a fin de mejorar la salud de los océanos y potenciar la contribución de la biodiversidad marina al desarrollo de los países en desarrollo, en particular los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados.</p> <p>14.b. Facilitar el acceso de los pescadores artesanales a los recursos marinos y los mercados.</p>
<p>No. 17. Alianza para lograr objetivos.</p>	<p>17.3. Movilizar recursos financieros adicionales de múltiples fuentes para los países en desarrollo.</p> <p>17.5. Adoptar y aplicar sistemas de promoción de las inversiones en favor de los países menos adelantados.</p> <p>17.7. Promover el desarrollo de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables, incluso en condiciones concesionarias y preferenciales, según lo convenido de mutuo acuerdo.</p> <p>17.11. Aumentar significativamente las exportaciones de los países en desarrollo, en particular con miras a duplicar la participación de los países menos adelantados en las exportaciones mundiales.</p>

	<p>17.17. Fomentar y promover la constitución de alianzas eficaces en las esferas pública, público-privada y de la sociedad civil, aprovechando la experiencia y las estrategias de obtención de recursos de las alianzas</p>
<p>No. 2. Lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición.</p>	<p>2.1. Aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, con la participación de todos los países y bajo el liderazgo de los países desarrollados, teniendo en cuenta el grado de desarrollo y las capacidades de los países en desarrollo.</p> <p>2.3. De aquí a 2030, reducir a la mitad el desperdicio de alimentos <i>per capita</i> mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.</p>
<p>No. 4. Promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.</p>	<p>4.3. De aquí a 2030, asegurar el acceso igualitario de todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria.</p> <p>4.4. De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento-</p>
<p>No. 8. Promover el crecimiento económico sostenido, empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.</p>	<p>8.3. Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros</p> <p>8.5. De aquí a 2030, lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todas las mujeres y los hombres, incluidos los jóvenes y las personas con discapacidad, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor.</p>

<p>No. 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.</p>	<p>12.1. Aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, con la participación de todos los países y bajo el liderazgo de los países desarrollados, teniendo en cuenta el grado de desarrollo y las capacidades de los países en desarrollo.</p> <p>12.2. De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.</p> <p>12.7. Promover prácticas de adquisición pública que sean sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales.</p> <p>12.8. De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.</p> <p>12.a. Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles.</p>
--	--

Fuente: ODS de la agenda 2030 de la Naciones Unidas 2015

Lineamientos Estratégicos

Se establecieron 9 lineamientos estratégicos que ayudarán a estructurar el plan de acción para direccionar el desarrollo de esta propuesta de trabajo (Tabla 4)

Tabla 4. Visión general de las estrategias que direccionan la propuesta

1	Desarrollo de una estrategia de sensibilización, concienciación y educación sobre pesquería sostenible, manejo de recursos pesqueros, ambiente, Lago de Maracaibo (Dinámica fisicoquímica y ecológica, biodiversidad y contaminación), normativas ambientales y de pesca.
2	Divulgación de los planes de manejo de los recursos pesqueros que existen para el sistema Lago de Maracaibo.
3	Promoción y capacitación de las Buenas Prácticas Pesqueras, que involucra: uso de artes selectivas y amigables con el ambiente, uso y manejo adecuado de los insumos químicos, mantenimiento preventivo de equipos y embarcaciones, manejo adecuado de los residuos y desechos peligrosos y no peligrosos, entre otros aspectos.
4	Concienciar sobre la importancia de mantener un sistema de monitoreo, vigilancia y control.
5	Mejorar el suministro de información pesquera que contribuya con la toma de decisiones de los entes oficiales reguladores de la actividad.
6	Contribuir a mejorar la organización del sector pesquero artesanal.
7	Promocionar la protección y conservación de los hábitats acuáticos
8	Respeto de la zonificación de áreas protegidas y áreas de pesca para el desarrollo de la actividad pesquera artesanal.
9	Motivar el fortalecimiento de organizaciones de mujeres y hombres emprendedores vinculados a la pesca artesanal.

Fuente: ONU 2015; OSPESCA *et. al.* 2008.

DISCUSIÓN

Aproximadamente el 90% de la actividad pesquera que se lleva a cabo en el Lago de Maracaibo se realiza a través de pescadores artesanales mientras, el otro 10% corresponde a la pesquería industrial, predominando la pesca artesanal, ya que representa el 95% de las capturas totales y el 75% en cuanto al valor de la producción; casi la totalidad es de camarones y cangrejos capturados como también una baja fracción de curvina se destina a la exportación en la región Zuliana (Consejo Zuliano de Planificación, 1975). Los camarones blancos (*Penaeus schmitti*) y cangrejos azules (*Callinectes sapidus*) han representado un recurso pesquero de alto valor económico a lo largo de la historia en el Lago de Maracaibo, las cuales están catalogadas como especies con altos índices captura y de sobreexplotación por crecimiento y por reclutamiento (Consejo Zuliano de Planificación, 1975; Arocha *et al.*, 2021).

El cambio de las artes pesca de nasas a palangres ha tenido un gran incremento en el número de las capturas, teniendo un impacto negativo sobre las poblaciones del cangrejo azul en el sistema de Maracaibo como previamente se demuestra en los estudios de Andradé de Pasquier 2009 y Molina 2019, donde se determinó un aumento significativo en el éxito de capturas del cangrejo azul y una reducción de la selectividad por talla, lo que muestra una pesca que no discrimina debido al incremento de la extracción de individuos sexualmente inmaduros.

La mayor parte de capturas son peces, las cuales están destinadas al consumo local y distribución nacional, mientras que a su vez una pequeña parte se destina a la producción de harina de pescado (Consejo Zuliano de Planificación, 1975).

Las especies de peces con mayor valor económico y alto índice de captura del Lago de Maracaibo en la actualidad son: *Mugil liza*, *Mugil curema*, *Potamorhina laticeps*, *Prochilodus reticulatus*, *Arius proops*, *Doraops zuloagai*, *Sorubim cuspicaudus*, *Platysilurus malarmo*, *Schizodon corti*; estos peces poseen amplia distribución en este ecosistema pero en los registros de los últimos 5 años se muestran la disminución en el número de capturas anuales (Tabla 2) de los cuales varios especímenes se encuentran catalogados como en peligro o vulnerables a la extinción. Cabe resaltar que las especies más afectadas de acuerdo a los registros son; *Arius proops*, *Pimelodus navarroii*, *Mylossoma acanthogaster*, *Schizodon corti*, *Ageneiosus pardalis*, *Perrunichthys perruno*, incluso en los últimos años no se han obtenido registros de capturas de especies como: *Cynoscion maracaiboensis*, *Arius parkeri*, *Pimelodus blochi*, *Anphatorulus watwata*, *Crossoloricaria venezuelae* (INSOPESCA 2017-2021).

Debido a factores ambientales, como la fragmentación y degradación de hábitat, como también a la sobrepesca producto de pesquerías artesanales que se ejercen de manera no sostenible, ha

resultado en la disminución de las poblaciones de especies importantes para la región zuliana, significando la disminución progresiva a través de los años de las poblaciones, bajas tasas de captura, hasta incluso se desconoce sobre algún registro de captura de especies que comúnmente se explotaban hace casi 5 décadas atrás. Es importante resaltar que el incrementado del esfuerzo de captura se debe a la creciente demanda alimenticia y el consumo de proteína animal (Andrade de Pasquier *et al.*, 1998; Consejo Zuliano de Planificación, 1975; Campo *et al.*, 2015; Barrios *et al.*, 2015).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030 de las Naciones Unidas implicados en la propuesta (tabla 3) pueden darle solución a las necesidades de las comunidades que se benefician de este sub-sector económico de relevante importancia para el país. Por ello, establecer una pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo pondría a la región Zuliana en una posición económica ventajosa, aumentando los índices de calidad de vida de estas comunidades, mientras que al mismo tiempo, se incrementarían los esfuerzos de conservación de este ecosistema de gran importancia para Venezuela, asegurando la continuidad de las especies en el Lago. Para dicha tarea se establecieron 9 estrategias que pueden ser utilizadas como medio para alcanzar la consolidación de esta meta (tabla 3), la cual involucra múltiples dimensiones de ámbitos socio-culturales, científico-prácticos, medioambientales, económicos y educacionales.

Para lograr ejercer una pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo es de imperiosa necesidad la implementación de un programa de educativo sobre concienciación ambiental y adecuado manejo de los recursos hidrobiológicos de este ecosistema. Otro factor de suma importancia es formar alianzas estratégicas con los diferentes actores primarios y secundarios, que formaran parte de esta propuesta educativa ambiental. Las alianzas deben ir dirigidas a los pescadores que llevan a cabo esta actividad en la cuenca del Lago Maracaibo, para esto es fundamental involucrar al Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura (INSOPESCA), el cual es un organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Pesca y Acuicultura ya que es el brazo que permitirá vincular toda la propuesta con los pescadores. Otro organismo de importancia es el Ministerio del poder popular para el Ecosocialismo (MINEC), al Instituto para el Control y la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM). De igual forma es importante involucrar la Dirección para Asuntos de Pesca del Estado Zulia. Se deben sumar también alianzas pertinentes con instituciones académicas partiendo desde la Universidad del Zulia y otras universidades que hacen vida en el estado, además de las plantas procesadoras de cangrejo y de camarón presentes en la región (Gutiérrez, 2019). Por lo tanto, son imprescindible estas alianzas estratégicas que permitirán articular los diferentes actores y hacer de esta propuesta algo posible.

Por lo antes expuesto, es necesario cambiar el modelo de pesquería que vienen aplicando los pescadores artesanales que hacen vida en la cuenca del lago de Maracaibo, hacia un modelo de

pesquería sostenible, que esté basado en un enfoque ecosistémico, para lo cual es fundamental concienciar a los pescadores sobre la necesidad de un cambio de conducta, que los lleve a realizar sus actividades pesqueras con mayor nivel de conciencia, que permita conservar las poblaciones de las especies de importancia pesquera, evitar la contaminación, conservar el ecosistema, garantizar la soberanía alimentaria y la generación de recursos económicos, que contribuya con la calidad de vida de las poblaciones pesqueras (OSPESCA *et al.*, 2008; ONU, 2015)

CONCLUSIÓN

Se logró identificar los recursos pesqueros de más alto valor económicos pertenecientes a la cuenca del Lago de Maracaibo, los cuales se encuentran en estado de sobreexplotación y vulnerables a la extinción.

Se logró identificar cuales objetivos (y sus respectivas metas) de desarrollo sostenible de la agenda de las Naciones Unidas puede abarcar esta propuesta de proporciones multidimensionales.

Se propone diseñar y aplicar un programa de educación ambiental que tendrá como objetivo, concienciar a los pescadores artesanales del Lago de Maracaibo hacia una pesquería sostenible, para garantizar no solo el uso responsable de los recursos acuíferos y la conservación de este ecosistema, sino que, mediante alianzas estratégicas, impulsar la economía de la región y mejorar la calidad de vida de los pescadores artesanales y sus comunidades.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este manuscrito expresan su más sincera gratitud a la Gerencia de Ordenación Pesquera del Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura (INSOPESCA), adscrito al Ministerio del Poder Popular de Pesca y Acuicultura (MPPPA) por su plena colaboración y contribuir con el suministro de una base de datos sumamente importantes para la elaboración de este trabajo de gran relevancia para la región zuliana y Venezuela.

REFERENCIAS

- Andrade de Pasquier G., Parra R., Villasmil L. (1998). Estado de explotación de la pesquería de curvina (*Cynoscion acoupa*), en el Lago de Maracaibo y propuesta de regulación para su mejoramiento. *Ciencia*, 6 (1), 22-30.
- Andrade De Pasquier G y Stotz W. (1999). Patrón de reclutamiento del camarón blanco (*Penaeus schmitti*) en el lago de Maracaibo, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 33 (1): 27 - 38.

- Andrade de Pasquier, G., Ramírez, S., García, P. L., Buonocore, R. y Delgado, J. (2009). Impacto del palangre para la captura del cangrejo azul *Callinectes sapidus* en la composición por tallas de los desembarques en el Lago de Maracaibo, Venezuela. Proceedings of the 62nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute, 416 - 419.
- Area L. (2011). El Golfo de Venezuela. Recuperado de: <https://www.analitica.com/opinion/opinion-nacional/el-golfo-de-venezuela/>
- Arocha D. y Andrade de Pasquier G. (2021). La pesquería y el manejo del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en el Sistema de Maracaibo. Recuperado de: https://issuu.com/fundatun/docs/2021_03_rev_cofa/s/11993133
- Barrios M., Rodríguez-Olarte D y García E. (2015). Manamana, *Potamorhina laticeps*, En: Rodríguez J., García-Rawlins A y Rojas-Suárez F (eds.) Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela, Pág 228.
- Campo Z., y Lasso M (2015). Pámpano del Lago de Maracaibo, *Mylossoma acanthogaster*, En: Rodríguez J., García-Rawlins A y Rojas-Suárez F (eds.) Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela, Pág 226.
- Consejo Zuliano de Planificación, Corporación Zuliana de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Regional de la OEA. (1975). Región Zuliana.
- Duker, L. and L. Borre. (2001). Biodiversity conservation of the world's lakes: a preliminary framework for identifying priorities. LakeNet Report Series Number 2 Annapolis, Maryland USA, Pág. 19.
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- Ferguson G. (2021). The Overfishing Problem: Natural and Social Categories in Early Twentieth-Century Fisheries Science. Journal of the History of Biology, Pag 1-21.
- Gürlek M. (2021). Socio-Economic Status of Small-Scale Fishery of the Hatay Region in Northeastern Mediterranean Coast of Turkey. Natural and Engineering Sciences, 6 (2):112-126
- García S. (2009). Glossary. In Cochrane, K.; Garcia, S.M. (Eds.). A fishery manager's handbook. FAO and Wiley-Blackwell, Pág. 473–505.
- González A., Ferrer O., Villarreal A. (2012). Socioeconomía de la comunidad pesquera artesanal del Cangrejo Azul de Barranquita, Estado Zulia, Venezuela. Revista Expresión Tecnológica. IUTC, 1 (2): 162-174.
- Gutiérrez W. (2019). El camarón zuliano, orgullo de Venezuela para el mundo. Versión Final. Recuperado de: <https://versionfinal.com.ve/opinion/el-camaron-zuliano-orgullo-de-venezuela-para-el-mundo/#>
- ICLAM. Instituto para el Control y la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Recuperado de: <http://www.minec.gob.ve/>
- INSOPESCA. Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura. Recuperado de: <https://minpesca.com/insopesca-2/>

- Kamal M. (2021). On sustainable development. Sustainable Development: Asia- Pacific Perspectives, Pág. 8-12.
- Klein E. (2008). Prioridades de PDVSA en la conservación de la biodiversidad en el Caribe Venezolano. Caracas, Venezuela: Petróleos de Venezuela, S.A. Universidad Simón Bolívar. The Nature Conservancy, Pág. 71.
- Kurtz L. (2022). Sustainable Development. Encyclopedia of Violence, Peace, & Conflict, 3 (3): 239-251.
- Molina M. y Mejías D. (2019). Evidencias de sobrepesca y mal manejo del *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en el lago de Maracaibo, Venezuela. Revista Ciencias Marinas y Costeras, 1 (11): 71-90.
- Medina E. y Barboza F. (2003). Manglares del Sistema del Lago de Maracaibo: caracterización fisiográfica y ecológica. Ecotropicos, 16(2):75-82
- Medina E. y Barboza F. (2006). Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. Ecotropicos 19(2):128-139.
- MINEC. Ministerio del poder popular para el Ecosocialismo. Recuperado de: <http://www.minec.gob.ve/>
- ONU. 2015. Agenda para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- OSPESCA - AECID - XUNTA DE GALICIA. (2008). Plan de Apoyo a la Pesca en Centroamérica PAPCA. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Pág. 88.
- Panayotou T. (1983). Conceptos de ordenación para las pesquerías en pequeña escala: aspectos económicos y sociales. FAO, Doc. Téc. Pesca, (228):60 p.
- República Bolivariana de Venezuela. (2014). Decreto N° 1.408 de fecha 13 de noviembre de 2014, con Rango, Valor y Fuerza de Ley, Ley de Reforma del Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley de Pesca y Acuicultura, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.150 Extraordinario de fecha 18 de noviembre de 2014.
- República de Venezuela - Estudio para el Aprovechamiento Racional de los Recursos Naturales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Washington, D.C.1975. Recuperado de: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea28s/begin.htm#Contents>
- Rodríguez G., Alió J., Barboza F., Barros T., Calchi R., Mercedes E., Galindo I., Febrés G., Masciangioli P., Medina E., Morales F., Moscó J., Narvaez E., Severeyn H., Vilorio A. (2000). El Sistema de Maracaibo biología y ambiente. Segunda edición. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Pág. 76-84.
- Rodríguez-Olarte D., Barrios M., y García E. (2015). Bocachico de Maracaibo, *Prochilodus reticulatus*, En: Rodríguez J., García-Rawlins A y Rojas-Suárez F (eds.) Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela, Pág 229.
- Rousseau Y., Watson A., Blanchard J., Fulton E. (2019). Defining global artisanal fisheries. Marine Policy 108 (2019) 103634, Pág 1-8.

Schenk C., Tennyson M., Mercier T., Gaswirth S., Marra K., Le P y Klett T. R. (2017). Assessment of continuous oil and gas resources of the Maracaibo Basin Province of Venezuela and Colombia, 2016 Fact Sheet. Reston, VA, Pág.1-2.

UNESCO. Cultura para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de:
<https://es.unesco.org/themes/cultura-desarrollo-sostenible>

Worldlake. Maracaibo. Recuperado de:
<http://www.worldlakes.org/lakedetails.asp?lakeid=9069>



Selectividad de atarrayas camaroneras en la pesca artesanal en el sistema lagunar del Rio Cauto, Cuba

Selectivity of shrimp cast nets in artisanal fisheries in the lagoon system in the Cauto River, Cuba

Enrique Giménez Hurtado, Carlos Ocano Busía,
Arlen Ventura Flores

Centro de Investigaciones Pesqueras,
Ministerio de la Industria Alimentaria, La Habana. Cuba

Enrique Giménez Hurtado  enrique.gimenez@cip.alinet.cu

RESUMEN | La pesca artesanal en el sistema lagunar del río Cauto es una actividad económica importante que agrupa un alto número de pescadores. Esta se realiza con atarraya de las cuales se determinó la composición por talla, la selectividad de las mallas con que están confeccionadas, así como la talla media de selección (L_{50}) de aquellas con luz de malla 12 y 15 mm. El ajuste a la curva logística mostró que la L_{50} varió de 5.96 con la malla de 12 mm a 6.69 con la de 15-mm. Los valores del rango de selección (RS) variaron entre 1,15 y 2,07 para la malla de 12 mm y 15 mm, respectivamente. En tanto los valores del factor de selección (FS) tomaron valores entre 4,96 y 4,46 para las atarrayas de luz de malla de 12 y 15 mm, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran la secuencialidad de la pesquería de camarón, impactando negativamente en la población.

ABSTRACT | Artisanal fishing in the lagoon system of the Cauto River is an important economic activity that brings together a large number of fishermen. This is done with cast nets whose size composition, selectivity of the mesh, as well as average selection size (L_{50}) of those with 12- and 15-mm mesh size were determined. The adjustment to the logistic curve showed that the L_{50} varied from 5.96 in the 12 mm mesh to 6.69 in the 15-mm mesh. The values of the selection range (RS) varied between 1.15 and 2.07 for the 12-mm and 15-mm mesh, respectively. While the selection factor (FS) took values between 4.96 and 4.46 for the mesh of 12 and 15 mm, respectively. The results obtained show the sequential nature of the shrimp fishery, negatively affecting the population.

Palabras clave |

Tamaño de malla,
selectividad,
 L_{50} .

Keywords |

Mesh size,
selectivity,
 L_{50} .

INTRODUCCIÓN

El golfo de Guacanayabo posee uno de los sistemas lagunares más grandes del país con más de 200 lagunas, esteros y ríos que desembocan en el golfo, en la que se refugian muchas especies de la Flora y la Fauna, entre ellas el *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936 o camarón blanco. Este es explotado por la pesca artesanal que concentra una alta densidad de población costera lo que ocasiona que su acceso al recurso sea de forma desorganizada. Cada pescador utiliza los artes de pesca a su alcance para obtener los máximos beneficios, sin tener en cuenta las regulaciones vigentes ni la conservación del recurso. Estas pesquerías deben integrarse a los planes de manejo vigentes de cada especie logrando una integración con las políticas de pesca donde los pescadores sean partícipes y corresponsables en su conservación.

El camarón blanco (*Penaeus schmittii*) posee una distribución en las áreas costeras del Atlántico y del Mar Caribe entre 28° latitud N (Cabo Cañaveral, Florida, E.U.A), y 28° latitud S (Laguna, Brasil) (Burkenroad, 1936; Anderson y Lindner 1943; Pérez-Farfante, 1953 y 1954; Voss, 1955; Lidner, 1957; Holthuis, 1959; Sadowski y Radasewski, 1960; Eldred y Hutton, 1960 y Boschi, 1963).

Nicolic y Ruiz de Quevedo (1966) reportaron que la especie se distribuía alrededor de la isla con pequeñas capturas en algunas bahías de la costa norte y sur (Fig. 1).

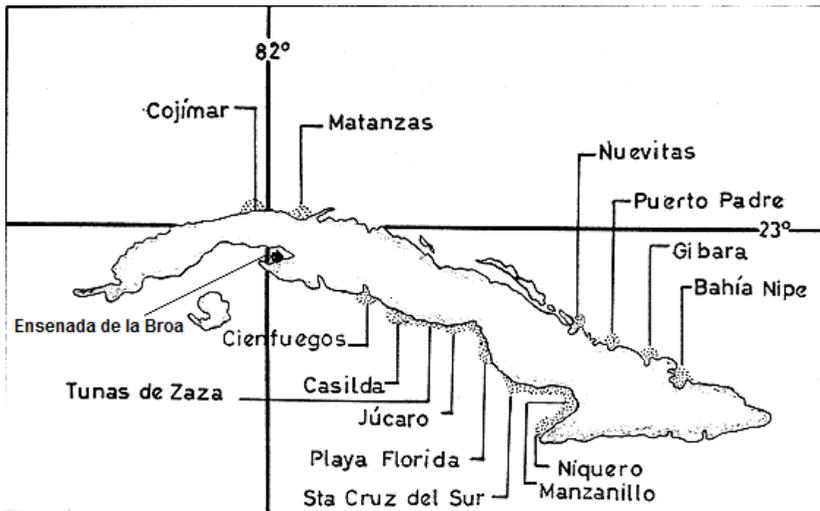


Figura 1. Distribución del camarón blanco (Nicolic y Ruiz de Quevedo, 1971 modificada).

A partir del año 1978 se comenzó su captura de forma comercial en la ensenada de la Broa (sur de la provincia Mayabeque), la cual cesó en el 2004 como producto de la sobrepesca y bajos rendimientos comerciales.

En la actualidad solo es objeto de pesca comercial en la plataforma Suroriental de Cuba en el golfo de Guacanayabo mediante redes de arrastre gemelas y de forma artesanal en el sistema lagunar de río Cauto, municipio Manzanillo, provincia Granma y en el sistema lagunar del río Zaza en la provincia de Sancti Spíritus.

La especie ingresa en las lagunas y esteros como post larvas y los abandonan en la etapa juvenil pasando a formar parte de las poblaciones marinas para terminar su crecimiento y realizar su reproducción. Los pescadores conocen los movimientos migratorios laguna-mar, los cuales aprovechan para realizar sus capturas fundamentalmente mediante atarrayas con diferentes tamaños de malla. Estas son de relativamente fácil construcción y generalmente cada pescador posee varias atarrayas de diferente tamaño de malla y longitud para ser usadas en diferentes profundidades de lagunas y esteros.

En México, con un amplio sistema lagunar, se utilizan otros artes de pesca tales como los llamados ``copos`` y redes de enmalle conocidas como ``mangas camaroneras (Ramos-Cruz, 2011).

La atarraya es utilizada por una sola persona y es lanzada desde una embarcación en el mar o laguna en poca profundidad y su eficiencia depende de la experiencia y practica del pescador para tirarla. Su eficacia de trabajo (porcentaje de abertura de la atarraya una vez que toca el fondo), varía en función de la profundidad de la zona de pesca y del peso de la relinga de plomo, que de forma general se considera un 40 % (Chim, 1989). A pesar de la importancia que tiene el estudio de la selectividad en la evaluación y manejo de la pesquería de camarón artesanal, en Cuba no existen estudios dirigidos a una regulación para el tamaño de maya permitido en las atarrayas. De hecho, los estudios de selectividad en la pesca de este recurso solo se han realizado en la pesca marina (Coyula, 1974 y Simpson & Pérez, 1975, Sosa 2000, Sosa *et al.*, 2003, Giménez *et al* 2014 y 2021).

Desde el punto de vista pesquero, la atarraya es un arte de pesca muy eficiente pero poco selectiva lo cual, junto a la variedad de materiales y tamaños de malla con que se confeccionan, es de fundamental importancia para el manejo pesquero de la especie el realizar estudios sobre la selectividad de estos artes. Por ello, el objetivo del presente estudio es analizar la composición por talla, la selectividad de las mallas con que están confeccionadas así como estimar la talla media de selección (L_{50}).

Los camarones se midieron al largo cubano (Lc), el cual mide la distancia entre la escotadura del rostrum y el final del telson en mm (Pérez-Farfante 1961). Los registros de tallas fueron agrupados en intervalos de 5 mm.

Los datos para la determinación de la selectividad fueron obtenidos de las mediciones de composición por tallas de las capturas de los pescadores artesanales que utilizan atarrayas de 2 m de alto (radio), hilo de nylon (0.2-0.3 mm) y con tamaños de luz malla de 12 y 15 mm. Este tamaño se midió con un pie de rey, registrando la distancia entre dos nudos opuestos de la misma malla, permaneciendo esta vertical y estirada.

La talla de primera captura (L_{50}) se estimó a partir de la curva de captura de la composición por tallas a las cuales se ajustó la ojiva de selección (Sparre y Venema, 1997). En estos cálculos se utilizaron los parámetros de crecimiento de camarón blanco reportados por Rodríguez & Pérez (1982) para la zona del Cauto. Además, se estableció el rango de selección (RS) a partir de los valores de L_{25} - L_{75} y el factor de selección (FS) determinado por el cociente de L_{50} / luz, ambos en mm. Se elaboraron histogramas de frecuencias de las composiciones por tallas de los ejemplares capturados por cada atarraya. Como los camarones en los sistemas lagunares no han desarrollado aun los caracteres sexuales externos la muestra no se analizó por sexos, por lo que los resultados están referidos a la población en general.

Las distribuciones de talla de cada atarraya fueron ajustadas a curvas normales (Sparre y Venema, 1997) con la finalidad de comparar las curvas resultantes y las proporciones retenidas por talla según la fórmula:

$$Fc(x) = \frac{ndL}{S * \sqrt{2\pi}} * \exp\left[-\frac{(X - \tilde{X})^2}{2 * S^2}\right]$$

Donde:

n: Tamaño de muestra, dL: tamaño de intervalo; s: desviación estándar

π : pi (3.1416); x: talla (mm) \tilde{X} : talla media (mm)

Finalmente se comparan las curvas de selección de las atarrayas estudiadas con la obtenida en los copos de las redes de arrastre en la pesca de camarón blanco (con luz de malla de 24 mm) en la plataforma (Giménez *et al.*, 2021).

RESULTADOS

En el municipio de Manzanillo se desarrolla una pesca artesanal de camarón blanco en esteros y las lagunas. Esta constituye una actividad económica importante que incluye un número

indeterminado de pescadores. Los pescadores que realizan esta actividad no poseen licencia, por lo que no está cuantificado el número de los que se dedican a ella ni el nivel de las capturas obtenidas. Datos ofrecidos por la Empresa Pesquera Industrial de Manzanillo (EPIGRAN) señalan que durante el periodo 1962-1969 se obtuvo un promedio de captura 1 t y en la actualidad existen entre 100-200 pescadores obteniendo capturas entre 30-60 t anuales en el sistema lagunar costero. Se conoce que varios poblados de las riberas del río Cauto, como la localidad de Guamo, bajan a las inmediaciones de la desembocadura del río a realizar esta pesca.

Se midieron un total de 1 702 ejemplares, de los cuales corresponden 832 a la atarraya con luz de malla de 12 mm y 870 a la de 15 mm de luz de malla. La cantidad de ejemplares medidos, las medias, así como la moda e intervalo de tallas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Datos estadísticos de los ejemplares muestreados en ambas atarrayas.

Luz de malla (mm)	n	Largo cubano (cm)			
		Min	Max	Media \pm 95 %	Moda
12	832	2,9	8,4	5,90 \pm 0,49	5,20
15	870	3,9	9,4	6,72 \pm 0,50	6,40

La distribución de tallas, proporción retenida y talla de primera captura (L_{50}) en las atarrayas estudiadas se muestra en la figura 2. Las tallas variaron entre 2,2 y 8,2 cm de longitud en la de 12 mm de luz de malla, mientras que en la de 15 mm varió entre 3,9 y 8,9 cm.

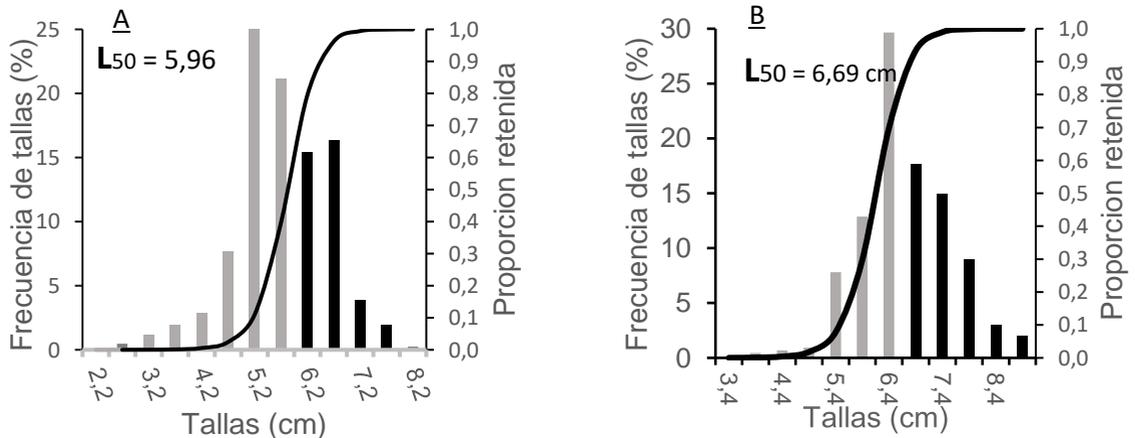


Figura 2. Histogramas de frecuencia de tallas y curvas de selección de ambas atarrayas. A. Atarraya de 12 mm de luz de malla; B. Atarraya de 15 mm de luz de malla. (La parte sombreada representa la fracción que se captura por encima de la L_{50} correspondiente).

La talla media de selección (L_{50}) se incrementa o disminuye en forma gradual según la luz de malla, estableciéndose una correlación positiva entre ambas variables. Así, la malla pequeña retiene a organismos con una selección de $L_{50} = 5,96$ mm de Lc, mientras que la mayor los retiene con una selección de $L_{50} = 6,69$ mm de Lc.

Tabla 2. Talla de primera captura (L_{50}), rango de selección (L25-L75) y factor de selección de los camarones muestreados.

Luz de malla (mm)	Cuartiles			Rango selección	Factor selección
	25 %	50 %	75 %		
12	5,30	5,96	6,45	1,15	4,96
15	5,50	6,69	7,57	2,07	4,46

Por otro lado, en la tabla 2 se observa que los valores del rango de selección (RS) variaron entre $RS = 1,15$ y $RS = 2,07$. En tanto que los valores del factor de selección (FS) variaron entre $FS = 4,96$ y $FS = 4,46$, delineando una tendencia inversa al tamaño de luz de malla.

La figura 3 muestra la transformación de las distribuciones de frecuencia a curvas normales de ambas atarrayas y sus correspondientes curvas de selectividad comparadas con la obtenida en las redes comerciales. Estas confirman la talla de primera captura y muestran la secuencialidad de la pesquería, ya que se captura individuos en tallas de reclutamiento a la zona marina e individuos adultos en la zona marina.

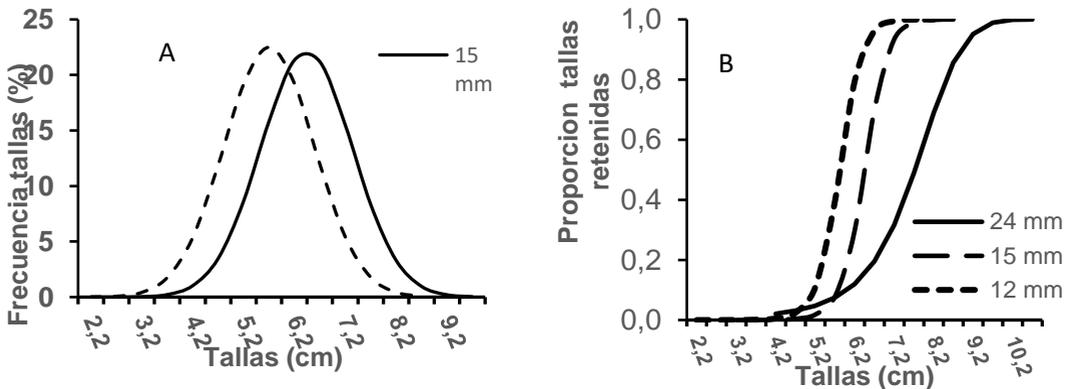


Figura 3. Normalización de las distribuciones de frecuencia de tallas correspondientes a cada una de las atarrayas (A) y (B) curvas de selección de las atarrayas estudiadas y la correspondiente al copo de las redes de arrastre comerciales.

DISCUSIÓN

Al observar la estructura de tallas correspondiente a cada arte, se ve que la de 15 mm está compuesta por animales mayores que la de 12 mm. En la figura 2 se observa que la moda de las distribuciones de frecuencia de tallas tiende a moverse hacia la izquierda conforme disminuye la luz malla, en clara respuesta al incremento del número de organismos pequeños que se retienen y su efecto sobre los valores respectivos de la talla media (Tabla1), que disminuye de $6,72 \pm 0,50$ mm (Lc) a $5,90 \pm 0,49$ mm (Lc) ($P < 0,05$). Este mismo comportamiento es exhibido por la moda, que desciende de 6,40 mm (Lc) a 5,20 mm (Lc) ($P < 0,05$).

Los resultados de los datos estadísticos estimados para las atarrayas muestran tallas medias de captura correspondientes a ejemplares juveniles de camarón blanco. Resultados similares fueron obtenidos por Alfonso y Gil (2013) (datos no publicados) que reportan tallas medias entre 5,7 y 6,9 cm para los camarones capturados en el sistema lagunar en el sistema lagunas de Tunas de Zaza en atarrayas con 10 y 12 mm de luz de malla.

La talla media de selección (L_{50}) de ambas atarrayas corresponde a ejemplares juveniles, lo cual no es recomendable en el arte de pesca. La atarraya es un arte de pesca selectiva desde el momento en que entra en contacto con el agua hasta que queda extendida en el fondo, lapso en el que las mallas permanecen abiertas y permiten el escape de los organismos cuyas dimensiones corporales son menores a las de la malla utilizada. En el momento en que el pescador tira del cordel con que sostiene la atarraya, la selectividad se pierde a causa del estiramiento y el estrechamiento de las mallas, atrapando a todos los organismos que quedaron dentro de su circunferencia. Asimismo, en el momento en que la atarraya es recobrada, la línea de plomos tiende a concentrarse hacia el centro de la circunferencia sin despegarse del fondo y alerta a los camarones que se encuentran semienterrados en el fango a salir para quedar atrapados en el bolso o en el cuerpo de la atarraya.

El rango de selección se incrementa con el tamaño de luz de malla por lo que es menor en la 12 mm de luz de malla, cuya amplitud de tallas corresponde a camarones más pequeños. Un aspecto importante en el rango de selección, es que su amplitud está en estrecha dependencia con la luz de malla, por lo que la condición ideal que se busca es aquella en donde la diferencia entre los cuartiles 25 % y 75% sea lo más estrecha posible, pues con ello se asegura incrementar al máximo la selectividad del arte de pesca en cuestión.

La transformación de las distribuciones de frecuencia a curvas normales (Figura 3) muestra que las tallas retenidas por ambas atarrayas capturan organismos en plena etapa de reclutamiento hacia la zona marina para completar su ciclo de vida y corresponden a ejemplares que no han alcanzado

la talla de primera maduración de 9,60 cm reportada por Guitart *et al* (1988). Por su parte las curvas de selectividad revelan la continuidad de la captura en todas las tallas a partir de los juveniles (≥ 8 cm) por las atarrayas hasta los adultos (8-10 cm) por las redes de arrastre.

La explotación de camarón en ambos ambientes (lagunar y marino) determina la relación de los dos tipos de pesquerías afectando la población de camarón de forma secuencial: la pesca artesanal impacta sobre el *stock* de adultos al reducir la contribución de juveniles, mientras que la de adultos puede influir sobre la producción de juveniles si la explotación llega a un grado tal que disminuya el potencial de renovación del *stock* (García y Le Reste, 1986). Estos efectos tienen su manifestación en el corto plazo dado el corto ciclo de vida del camarón y su repercusión es importante dado el estado de impactado que tiene la población de camarón blanco en el golfo de Guacanayabo (Revilla y Rodríguez del Rey 1993-1994, 1994; Cantón-Machín *et al.*, 2010; Giménez *et al.*, 2013)

Los resultados aquí expuestos demuestran que las tallas de camarón capturadas varían en razón del tamaño de luz malla con que esté confeccionada una atarraya. Uno de los primeros efectos observables de su reducción es el corrimiento de la moda principal de las distribuciones de frecuencia hacia la izquierda del gráfico, donde el número de tallas pequeñas se incrementa de manera significativa, lo que trae consigo la reducción de la talla media de captura. Los resultados también demuestran que la variación en las dimensiones del tamaño de luz de malla afecta en forma notoria la selectividad de las tallas retenidas.

Medina-Reyna (1999) reportan que la variación en el tiempo de la L_{50} está fuertemente asociada a las fluctuaciones de la salinidad, conclusión aplicable al área estudiada por él, caracterizada por ser somera y en donde, en efecto, las condiciones ambientales, sobre todo los cambios de salinidad, son más acentuados que en el resto del sistema lagunar.

De acuerdo con Kapetsky (1982) y Bjordal (2005), la regulación de las artes de pesca y de éstos el tamaño de la luz de malla constituyen algunas de las medidas de ordenamiento pesquero que se utilizan para mejorar las propiedades selectivas y reducir la captura incidental de organismos juveniles. En este sentido, los resultados de la presente investigación contribuyen al ordenamiento de la pesquería artesanal de camarón.

CONCLUSIONES

La composición por talla de las capturas de camarón blanco realizadas con atarrayas de 12 y 15 mm de luz de maya muestra que estas se realizan sobre la población de juveniles presentes en el sistema lagunar del río Cauto, siendo las tallas de primera captura de estos artes de 5,95 y 6,69 cm, respectivamente. La pesca de camarón realizada en el sistema lagunar y en la plataforma determina

una explotación secuencial que afecta negativamente la población, las cuales deben estar orientadas hacia el diseño de estrategias de pesca acorde con las características del recurso.

REFERENCIAS

- Anderson W.W., Lindner. J.M. 1943. A provisional key to the shrimps for the Family Penaeidae with special reference to American forms. Trans. Am. Fish. Soc., 73:284–319
- Boschi E.E. 1963. Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa atlántica de América del Sur. Bol. Inst. Biol. Mar., Mar del Plata, (3):39 p.
- Bjorndal A. 2005. Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. En: K.L. Cochrane (ed.). Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación. FAO Documento Técnico de Pesca. Roma, FAO. 424. Cap. 2, pp. 49-67.
- Burkenroad M.D. 1936. A new species of *Penaeus* from the American Atlantic. Anais Acad. Bras. Cienc., 8(4):315–8
- Cantón-Machín M, Delgado-Miranda G, Hernández-Fariñas T. (2010). Disponibilidad alimentaria del camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*), en zonas de cría del golfo de Ana María, Sureste de Cuba, REDVET, Revista electrónica de Veterinaria 11(3):1-8.
- Chim L.J. 1989. Consultoría en cultivo de camarón. 2da misión del 17/05/89 al 17/06/89 - Informe técnico de la serie FAO 5: 36p.
- Coyula R. 1974. Selectividad de las redes camaroneras. INP/CIP, Cuba. Rev. Invest. 1: 166-167.
- Eldred B., Hutton R.F. 1960. On the grading and identification of domestic commercial shrimps (Fam. Penaeidae) with a tentative world list of commercial penaeids. Q. J. Fla. Acad. Sci., 23(2): 29–118.
- García S., Le Reste L. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenamiento de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Documento Técnico de Pesca 203: 180p.
- Giménez E, Garcés Y, Ventura A, Delgado G, Alfonso S. 2013. Situación actual del camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*) en el Golfo de Guacanayabo, Cuba. ECOVIDA, 4(1): 26-39.
- Giménez E., Ventura A., Delgado G., Alfonso S. 2014. Curva de selección del camarón rosado, *Farfantepenaeus notialis*, en el Golfo de Ana María, Cuba. REDVET Rev. Elect. Vet. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> 2014.Volumen 15 N° 10
- Giménez E., Ocano C., Ventura A., Proenza M., Luis-Bantè N. 2021. Curva de selección del camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) y rosado (*Farfantepenaeus notialis*) en el golfo de Guacanayabo, Cuba. Rev. Cub. Inv. Pesq. Enero-junio. 38(1): 78-84.
- Guitart B., González E., Reyes R., Fraga I. 1988. Características de la reproducción de los camarones comerciales en aguas cubanas. Rev. Cub. Inv. Pesqueras 13(3-4): 45 pp.
- Holthuis L.B. 1959. The Crustacea Decapoda of Surinam (Dutch Guiana). Zool. Verh. Leiden, (44): 296 p.

- Kapetsky J.M. 1982. Consideraciones para la ordenación de las pesquerías de lagunas y esteros costeros. FAO. Documento Técnico de Pesca 218: 49p.
- Lindner M.J. 1957. Survey of shrimp fisheries of Central and South America. Spec. Scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. (Fish.), 235: 166 p.
- Medina-Reyna C.E. 1999. La retención de las artes de pesca de camarón como indicador de la estrategia pesquera en la laguna Mar Muerto de Oaxaca. *Ciencia y Mar* 7: 13-22.
- Nikolic M, Ruiz de Quevedo M.E. 1971. Notas biológico-pesqueras sobre camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936. Actas de la conferencia científica mundial sobre biología y cultivo de camarones y gambas. FAO Fisheries Reports 57(3): 1107-1117.
- Pérez-Farfante I. 1953. Los camarones comerciales de Cuba. Mem. Soc. Cub. Hist. Nat. "Felipe Poey", 22(2):1-16. Also issued as Contrnes Cent. Invest. Pesq. Habana, (1):16 p.
- Pérez-Farfante I. 1954. Los camarones comerciales de Cuba. Contrnes Cent. Invest. Pesq. Habana, (6): 28 p.
- Pérez-Farfante I., Acosta J.T., Alemany M. 1961: Datos sobre la biología pesquera del camarón (*Penaeus duorarum* Burkenroad). Ministerio Industrias. Inst. Cub. Inv. Tec. Ser. Est. Trab. Inv., (20): 76 pp.
- Ramos-Cruz S. 2011. Selectividad y estimación de un tamaño mínimo de malla para atarrayas camaroneras en la laguna de Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México, con implicaciones para el manejo de la pesquería. *Ciencia Pesquera*. 19(1): 47-57.
- Revilla N, Rodríguez del Rey A. 1993-1994. Mapificación de los tipos de fondo del Golfo de Ana María, Cuba empleando la teledetección. *Rev. Invest. Mar.*, 18(3):60-62.
- Revilla N, Rodríguez del Rey A. 1994. Mapificación de los tipos de fondo del Golfo de Guacanayabo, Cuba empleando métodos de teledetección. Resúmenes III Congreso de Ciencias del Mar, MarCuba 94, 15- 18 febrero de 1994.
- Rodríguez J., Pérez A. 1982. Patrones de migración y definición de unidades pesqueras de camarón en el área de Manzanillo. *Rev. Cub. Inv. Pesq.* 7(3):103- 121.
- Sadowski V., Radasewski AZ. 1960. Dados sobre modificação de peso de camarão, provocada pelo metodo de conservação empregado no entreposto de pesca de Cananéia. Controões Inst. Oceanogr. Univ. Sao Paolo (Tecnol.), (1): 5 p.
- Simpson A.C., Pérez A. 1975. Experimento de selectividad con redes camaroneras. *Res. Invest.* No. 2: 169-171
- Sosa M. 2000. Las pesquerías de arrastre de camarón en Cuba. Reducción del impacto de las pesquerías de arrastre del camarón tropical a través de la adopción de prácticas y técnicas protectoras del ambiente. Proyecto FAO: EP/INT/724/GEF
- Sosa M., Alonso, .A., Sánchez R., Alfonso S., Fernández R., Marcos D. 2003. Resultados de las pruebas de selectividad con redes camaroneras. RESUMENES DEL MARCUBA 2003, Palacio de Convenciones. La Habana, diciembre 2003

Sparre P. & Venema S. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. p 413.

Voss, G.L., 1955 A key to the commercial and potentially commercial shrimp of the family Penaeidae of the Western North Atlantic and the Gulf of Mexico. Tech. Ser. Fla St. Bd Conserv., (14):1–23



A pesca de curral na Baía de Guanabara, Brasil: produção pesqueira e proteção ambiental sob o olhar dos pescadores

Fish weir in Guanabara Bay, Brazil: fish production and environmental protection from the perspective of the fishers

Sérgio Ricardo Santos^{1,2*}, Thaís Rodrigues Maciel¹,
Andreia Bazílio Silva¹, Luiza Chieza Fortes Garcia¹,
Marcelo Vianna^{1,2}

¹ BioTecPesca, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 21941-590, Brazil

² Instituto Museu Aquário Marinho do Rio de Janeiro, AquaRio, Rio de Janeiro, RJ, 20220-360, Brazil

Sérgio Ricardo Santos   srbs.ufrj@gmail.com

RESUMO | A Baía de Guanabara é um importante estuário da costa sul-americana, tanto pelo seu papel ecológico, sustentando a maior biodiversidade estuarina no Brasil, como por estar inserida na terceira maior área metropolitana da América do Sul, sofrendo um processo histórico de hipereutrofização. O curral de pesca, pescaria artesanal ainda praticada na baía, é responsável pela geração de renda e segurança alimentar para um considerável número de habitantes da região. Apesar da importância, o estudo da pesca artesanal é comprometido pela falta de dados de produção e de caracterização dos profissionais dedicados a esta pescaria. A presente pesquisa foi conduzida com base no aproveitamento do Conhecimento Ecológico Local como ferramenta essencial para superar a grave falta de dados acerca dessa pescaria tradicional da Baía de Guanabara. O estudo foi conduzido com base em entrevistas semi-estruturadas com pescadores apontados pela comunidade local como fontes confiáveis sobre o histórico de alterações ambientais e da produção dos currais ao longo dos últimos 30 anos. Os relatos produziram um quadro de declínio da produção pesqueira, tanto em volume de produção, como na redução no tamanho do principal recurso associado a esta pescaria, a tainha *Mugil liza*. Os relatos foram cruzados com informações levantadas *in loco* sobre a construção dos currais de pesca para determinar a extensão do uso da madeira de mangue. O estudo permitiu novamente mostrar a relevância do conhecimento ecológico local para a construção de um panorama histórico da pesca de uma das regiões mais importantes da costa brasileira, sendo uma ferramenta essencial em casos de escassez de dados de pesca.

Palavras-chave: | etnoconhecimento, estuário, pesca, conservação.

ABSTRACT | Guanabara Bay is an important estuary on the South American coast, both for its ecological role, sustaining the greatest estuarine biodiversity in Brazil, and for being inserted in the third largest metropolitan area in South America, suffering a historic process of hypereutrophication. The fish weir, artisanal fishing still practiced in the bay, are responsible for generating income and food security for a considerable number of inhabitants in the region. Despite its importance, the study of artisanal fishing is compromised by the lack of data on production and characterization of the professionals dedicated to this fishing art. The present research was conducted based on the use of Local Ecological Knowledge as an essential tool to overcome the serious lack of data about this traditional fishery in Guanabara Bay. The study was conducted based on semi-structured interviews with fishers identified by the local community as reliable sources on the history of environmental changes and the production of the fish weirs over the last 30 years. The reports produced a picture of decline in fisheries production, both in terms of landing values and the reduction in size of the main resource associated with this fishery, the mullet *Mugil liza*. The reports were crossed with information gathered in loco about the construction of fish weirs to determine the extent of the use of mangrove wood. The study again allowed showing the relevance of Local Ecological Knowledge for the construction of a historical overview of fishing in one of the most important regions of the Brazilian coast, being an essential tool in cases of scarcity of fishing data.

Keywords | ethnoknowledge, estuary, fisheries, conservation.

INTRODUÇÃO

Os manguezais representam ecossistemas antigos de alta diversidade (Ellison *et al.*, 1999), o que é potencializado quando inseridos em regiões estuarinas, se tornando áreas altamente produtivas, sendo habitadas por diversas espécies estuarino-residentes, estuarino-dependentes e marinhas visitantes (Potter *et al.*, 2015; Whitfield, 2016; Carugati *et al.*, 2018). Essa característica ofereceu amplo suporte à colonização humana (Friess, 2016; Lopes *et al.*, 2022), sendo ponto crítico para a garantia da segurança alimentar da população no seu entorno (Manson *et al.*, 2005; Ermgassen *et al.*, 2020). Por outro lado, os manguezais concentram grande parte dos impactos antrópicos atrelados ao desenvolvimento da malha urbana e expansão demográfica, em particular no século XX (Ferreira e Lacerda, 2016), com conseqüente perda de habitat. As populações de várias de suas espécies são pressionadas pelo aumento do esforço de pesca e declínio das condições sanitárias e qualidade ambiental (Carugati *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2022). Esse histórico é recorrente em diversos

estuários tropicais associados aos manguezais, sendo a baía de Guanabara um caso exemplar a ser estudado.

O histórico de ocupação do entorno da Baía de Guanabara remonta a mais de 12 mil anos (Soares-Gomes *et al.*, 2016; Lopes *et al.*, 2022), tendo recebido após o início da colonização portuguesa, em 1502, um número crescente de colonos que se estabeleceram na região. A pesca sempre assumiu uma posição de destaque para a garantia da segurança alimentar dessa população em expansão, mas o quadro de pressão pesqueira e degradação ambiental se acentuou sobremaneira a partir da segunda metade do século XX (Soares-Gomes *et al.*, 2016; Vianna e Mattos, 2018). A ocupação desordenada do litoral, a instalação de indústrias e a remoção dos manguezais para expansão das cidades no entorno foi acompanhada pelo aumento do tráfego naval para o Porto do Rio de Janeiro. Sucessivos aterramentos alteraram a dinâmica de circulação das águas e a qualidade ambiental de regiões antes usadas como berçário para centenas de espécies residentes ou estuarino-dependentes. Tal histórico se traduziu em um contínuo declínio da qualidade ambiental (Fistarol *et al.*, 2015; Silva Jr. *et al.*, 2016) e da diversidade de peixes registrada no estuário, quadro de perdas que ainda não se estabilizou (Teixeira-Leite *et al.*, 2019).

Apesar da importância ecológica e do relevante papel dos manguezais e do estuário da Baía de Guanabara para a produção pesqueira e a segurança alimentar da população do seu entorno, muito dessa dinâmica permanece obscurecida pela falta de estudos a respeito de suas pescarias mais tradicionais, sendo a pesca de curral um dos exemplos mais presentes no alto estuário (Bernardes, 1958; Jablonski *et al.*, 2006; Vianna e Mattos, 2018). O desconhecimento é chamativo por estar inserida na segunda maior área metropolitana do Brasil e a terceira da América do Sul, reunindo mais de 13 milhões de habitantes (ONU, 2019). A ausência de dados oficiais sobre essa modalidade de pesca até os primeiros anos do século XXI (Saback, 2021), além de poucos estudos pontuais feitos pela academia, torna imediata a necessidade de se registrar o conhecimento ainda disponível sobre a pesca de currais na Baía de Guanabara.

O Conhecimento Ecológico Local (CEL), uma ferramenta considerada complementar e pertinente em situações onde os dados oficiais são produzidos satisfatoriamente e as pescarias são melhor estudadas, passa a ser essencial para resgatar o mínimo de conhecimento ainda disponível para ecossistemas ou espécies com escassez crônica de dados (Wilson *et al.*, 2006; Sáenz-Arroyo e Revollo-Fernández, 2016; Pottie *et al.*, 2021). Tal ferramenta já se mostrou indispensável no resgate de registros históricos de pescarias com escassez de dados na costa do Rio de Janeiro (Santos *et al.*, 2022), ainda que uma avaliação minuciosa seja necessária para a validação dos relatos (Ruddle e Davis, 2011; Santos *et al.*, 2022). Dessa forma, o presente estudo foca no resgate do conhecimento dos pescadores tradicionais da pesca de curral da Baía de Guanabara, buscando um histórico mais preciso para as últimas décadas e descrever as características da produção e do petrecho em uso, bem como identificar mudanças temporais tecnológicas ou no ecossistema percebida pelos pescadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo

A Baía de Guanabara está localizada no Atlântico Sudoeste (22°40'-23°00'S e 43°00'-43°18'W), inserida na costa sudeste-sul do Brasil. Possui uma superfície de mais de 384 km² e extensão máxima de 28 km no eixo leste-oeste e 30 km no eixo norte-sul (Figura 1). É um dos maiores estuários brasileiros, com uma bacia hidrográfica composta por 45 rios e intensa troca hídrica entre a bacia hidrográfica e as águas oceânicas que correm por sua estreita entrada (Soares-Gomes *et al.*, 2016). Além do padrão pluviométrico com maior intensidade de chuvas no verão (dezembro a fevereiro), também é detectada forte influência de esgoto *in natura* e efluente industrial por se tratar de uma das maiores regiões metropolitanas do mundo (Silva Jr. *et al.*, 2016). Uma unidade de conservação foi criada em 1984 pelo Governo Federal (Decreto nº 90.225/1984), a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, cobrindo uma área de 143,4 km² inserida na parte da baía com as melhores condições ambientais. A APA tem a missão de preservar o maior resquício da cobertura de manguezal original da Baía de Guanabara, a vegetação ombrófila densa que outrora cobria quase

toda a sua margem (Baptista-Neto *et al.*, 2017). Apesar de ser reconhecida como altamente eutrofizada e que os inúmeros programas ambientais ainda não tenham sido suficientes para reverter o quadro de degradação ambiental, a Baía de Guanabara ainda é detentora da maior diversidade de peixes em um estuário brasileiro (Teixeira-Leite *et al.*, 2019), fato corroborado com a ainda alta produtividade pesqueira registrada pela pesca artesanal e industrial em suas águas (Begot e Vianna, 2014; Franco *et al.*, 2014; Vianna e Mattos, 2018; Garcia *et al.*, 2022).

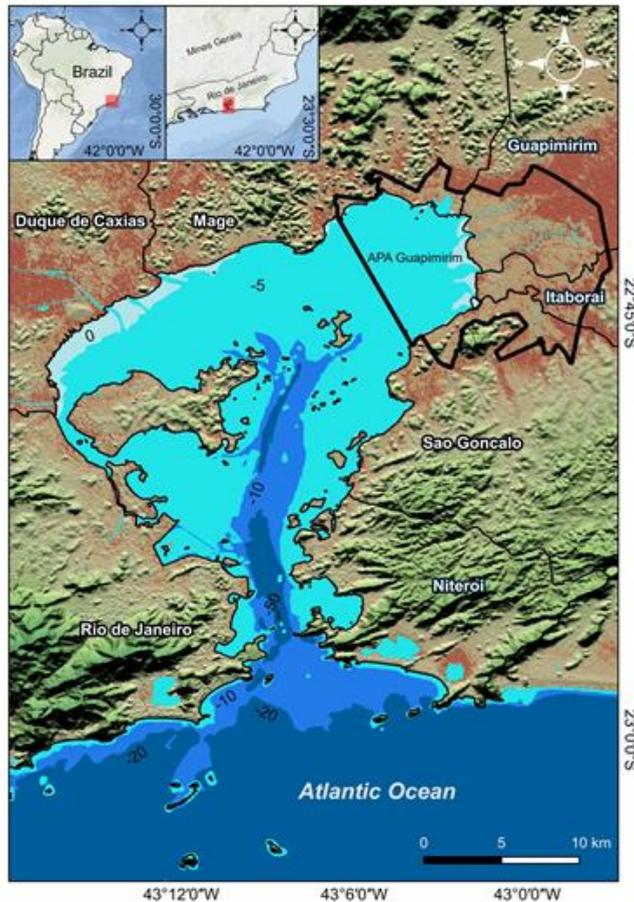


Figura 1. Mapa da Baía de Guanabara, costa do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), com a batimetria da região. Destaque para a APA de Guapimirim.

A pesca de curral, pescaria tradicional desenvolvida com a montagem de um petrecho passivo e de menor custo, é empregada na costa brasileira desde os tempos coloniais, tendo seu uso se estendido e popularizado após o século XVI com a colonização portuguesa (Veríssimo, 1895; Menezes, 1976; Schaan, 2010). A adaptação de técnicas europeias e indígenas de pesca, bem como a confecção de petrechos mais duráveis e eficientes atenderam a uma demanda crescente vindo dos nascentes centros urbanos. A pesca de curral na Baía de Guanabara, com prática registrada no seu entorno desde o período imperial, já havia sido reduzida à região do médio e alto estuário no início do século XX, e, com a introdução e popularização da frota de arrasto de fundo de porta, provocou a transferência da comunidade de pescadores da região portuária do Cajuí, na cidade do Rio de Janeiro, para a região de Magé, e viu sua área de pesca se restringir ainda mais, vindo a ser praticada na área onde ainda hoje atua, entre os municípios de Duque de Caxias e Magé, na margem norte da baía, e em São Gonçalo, na sua porção oriental (Bernardes, 1958).

Identificação de pescadores especialistas e metodologia para entrevistas

As comunidades de pescadores do Município de Magé, inserido na região metropolitana do Rio de Janeiro, foram contactadas pela equipe de estudo e a partir da indicação desses profissionais, uma lista inicial de pescadores especialistas foi elaborada, sendo os primeiros a serem entrevistados. Novas indicações foram sugeridas ao final da entrevista, seguindo o método de bola-de-neve (Valerio *et al.*, 2016), o que permitiu a inclusão de novos pescadores tradicionais da pesca de curral. O método de bola-de-neve, já amplamente utilizado em levantamentos sociológicos, também se demonstra efetivo em comunidades de difícil acesso (Goodman, 2011; Valerio *et al.*, 2016), o que é uma realidade comum à pesca artesanal. O estudo restringiu a lista de entrevistados a pescadores com mais de 60 anos de idade e 30 anos de experiência na pesca de curral, no intuito de reduzir os efeitos da mudança de paradigma intergeracional para a região estudada (Pauly, 1995; Soga e Gaston, 2018; Santos *et al.*, 2022). Os questionários aplicados e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foram avaliados pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), tendo sido aprovados em 18/11/2021 pelo parecer nº 5.111.289. Foram entrevistados pescadores de curral das localidades de Piedade, São Francisco, Olaria e

Ipiranga. As comunidades estão inseridas no município de Magé, estando a primeira dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim.

Os pescadores foram identificados por idade e tempo de experiência na pesca de curral da região, bem como a qual comunidade se consideravam parte. A atuação na pesca também foi avaliada, sendo que daqueles ainda ativos foram identificados o número de currais onde atuam. A destinação do pescado foi avaliada, com o pescador determinando a porcentagem com que seu pescado era comercializado a atravessadores, comércio local ou diretamente ao consumidor ao longo dos últimos 30 anos. Para melhor caracterizar o aspecto tradicional da pescaria, foram levantadas quantas gerações do pescador já atuaram na pesca de curral, bem como se seus descendentes estão ativos na pescaria. Aspectos tecnológicos foram avaliados tanto para a embarcação utilizada (tamanho e motorização), como para a fonte da madeira utilizada para a estrutura do curral. A produção pesqueira em detalhes foi avaliada no restante da entrevista, tendo os pescadores fornecido dados a respeito da produção, sua percepção pessoal sobre como as categorias de pescado flutuaram ao longo dos últimos 30 anos (aumento ou redução no desembarque) e os records (categoria, peso, tamanho e ano) que puderam mencionar ou oferecer prova documental.

Estrutura do curral de pesca e origem da madeira

Esse aspecto é de especial importância dada a dependência original da madeira de manguezais locais, onde predominam o mangue-vermelho *Rhizophora mangle*, o mangue-branco *Laguncularia racemosa* e o mangue-preto *Avicennia nitida*, e a criação de uma Unidade de Conservação na região voltada para a preservação dessa vegetação. Um levantamento prévio foi feito utilizando imagens disponibilizadas pelo software Google Earth, onde foram identificados os currais de pesca com base no padrão típico dos currais da região, facilitando sua identificação por imagens aéreas e de satélite. Entretanto, tal abordagem é inconclusiva por não ser possível distinguir com precisão currais ativos de inativos. O levantamento *in loco* foi realizado em parceria com pescadores locais que auxiliaram na localização dos currais dentro da área de pesca inserida na APA de Guapimirim. A equipe se deslocou em um barco de alumínio e motor de popa, guiado por um pescador da região, até os currais

de pesca ativos e inativos na área monitorada. Os currais foram geolocalizados, a madeira utilizada na construção identificada e suas coordenadas foram analisadas pelo software de geoprocessamento QGIS 3.28.1.

RESULTADOS

Entrevistas com pescadores especialistas

Foram entrevistados 20 pescadores apontados como principais referências na pesca da região estudada, com idade entre 60 e 81 anos (média de 68,8 anos $\pm 5,7$) e tempo de atuação na pesca de curral entre 30 e 72 anos (média de 53,9 anos $\pm 10,5$). A maior parte dos pescadores permanecem ativos na pesca (75%), com 14 dos 15 pescadores atuantes, cadastrados como parte de colônias estabelecidas (Z-09 e Z-11). Dos entrevistados, 40% são proprietários de currais, variando entre 2 e 12 currais (média de 7,1 currais $\pm 3,3$), sendo responsáveis por um total de 57 currais. A comercialização do pescado desembarcado se mostra amplamente dependente da figura do atravessador (71,0 a 81,7%), sendo a destinação preferencial da produção nos últimos 30 anos. O comércio local apresenta uma participação minoritária, recebendo de 17,5 a 28,4% da produção. A venda direta ao consumidor não foi apontada como relevante para os pescadores de curral, não ultrapassando 2% da primeira venda feita pelos entrevistados (Tabela 1).

Como parte de uma comunidade tradicional, atuando sobre uma pescaria histórica da região, 36% dos pescadores especialistas são netos ou bisnetos de pescadores de curral, enquanto 50% dos entrevistados são filhos de pescadores. Também existe uma considerável inserção de novos pescadores, com 14% dos entrevistados se integrando à comunidade de pescadores sem ter histórico prévio na pesca (Figura 2). A dependência econômica da atividade também fica exposta na identificação de que enquanto 75% dos entrevistados permanecem ativos na pesca de curral, 45% (9 pescadores) recebem aposentadoria por parte da Previdência Social, provida pelo Governo Federal, mas necessitam completar a renda mantendo a atividade na pesca.

Tabela 1. Destinação do pescado capturado por currais de pesca informado por pescadores especialistas, do Município de Magé, Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.

Destinação (%)	Atual (2022)	- 10 anos	- 20 anos	- 30 anos
atravessador	81,7	71,0	77,9	79,0
comércio	17,5	28,4	20,5	20,5
consumidor	0,8	0,6	1,6	0,5

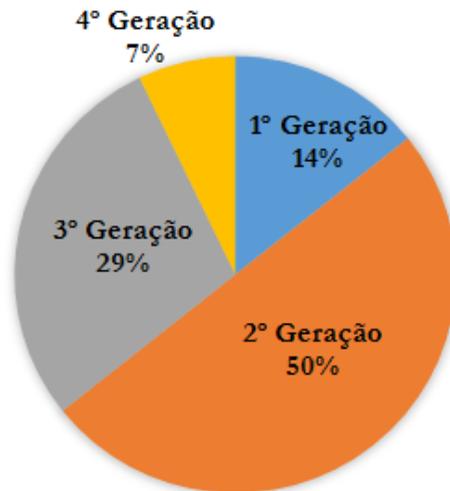


Figura 2. Tradicionalidade da pesca: Geração a qual pertence os pescadores especialistas entrevistados, acerca da pesca de curral na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.

Em relação às características dos equipamentos de pesca, 65% dispõem de embarcação própria, majoritariamente de madeira e com motor de centro, mas parte dos pescadores fazem uso também de embarcações à remo. A estrutura do curral de pesca mereceu especial atenção devido ao uso tradicional de material de origem vegetal, em especial extraídos de manguezal, para sua construção e manutenção. Enquanto 85% dos pescadores apontaram o uso da madeira de manguezal em algum ponto de sua atuação profissional, apenas 14,3% afirmaram ainda usar madeira de manguezal em alguma estrutura do curral, sendo atualmente apontado apenas a utilização de eucalipto e bambú. Quando indagados sobre o momento em que substituíram o uso da madeira de mangue, o processo de troca relatado se estendeu entre 1980 e 2019, com mediana em 2002. Importante notar que dois pescadores admitiram o uso de madeira extraída de manguezal ainda na atualidade.

A percepção dos pescadores a respeito da produção pesqueira aponta para uma queda generalizada na produção, predominantemente associada a duas espécies: a tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836 e a corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). Todos os 20 pescadores entrevistados apontaram a redução na produção pesqueira em várias categorias, totalizando 72 relatos de redução entre o início de sua atuação profissional e a atualidade. Os pescadores relacionaram 15 categorias de pesca, sendo que a tainha (20,8% dos relatos) e a corvina (18,1% dos relatos) representaram 39% do total. O pescado mais nobre produzido na região, o robalo *Centropomus* spp., foi marcado por uma redução apontada em 9,7% dos relatos. Mesmo um pescado menos atrativo para o pescador e pouco valorizado pelo consumidor, o bagre *Genidens* spp. teve sua redução mencionada em 16,7% dos relatos. Alterações no tamanho do pescado foram menos percebidas pelos pescadores, sendo relatadas 24 alterações para nove categorias de pescado, por 16 profissionais. Do resultado obtido, o mais expressivo é a indicação da redução do tamanho da tainha, representando 25% dos relatos. Concordando com o quadro de declínio apontado, apenas dois pescadores relataram aumento na produção de duas categorias, o bagre-africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), espécie introduzida na região pela piscicultura, mas que já se encontra estabelecida nos rios da área de estudo, e a corvinota. Esta se trata de uma variação no nome vulgar da corvina *M. furnieri* associada a indivíduos de tamanhos inferiores aos espécimes comercializados como corvina.

Por fim, a análise combinada das respostas sobre as causas da queda na produção e a redução de tamanho do pescado permitiram analisar a quem os pescadores creditam as alterações por eles observados. Agrupados em temas, a poluição em geral representou a principal causa em 23,3% das respostas, enquanto 16,7% apontaram diretamente o derramamento de petróleo como causa. Combinados, a poluição ambiental e de petróleo foram mencionadas em 40% das respostas. A degradação ambiental, a segunda maior causa apontada (33,3%), engloba o assoreamento dos rios e a perda das áreas de manguezais, entretanto um pescador chamou atenção para as intervenções humanas e salientou a própria construção da ponte Presidente Costa e Silva, inaugurada em 1974. A pesca excessiva apareceu em apenas cinco respostas, sendo que a pesca industrial e a de emalhe foram responsabilizadas diretamente (Figura 3).

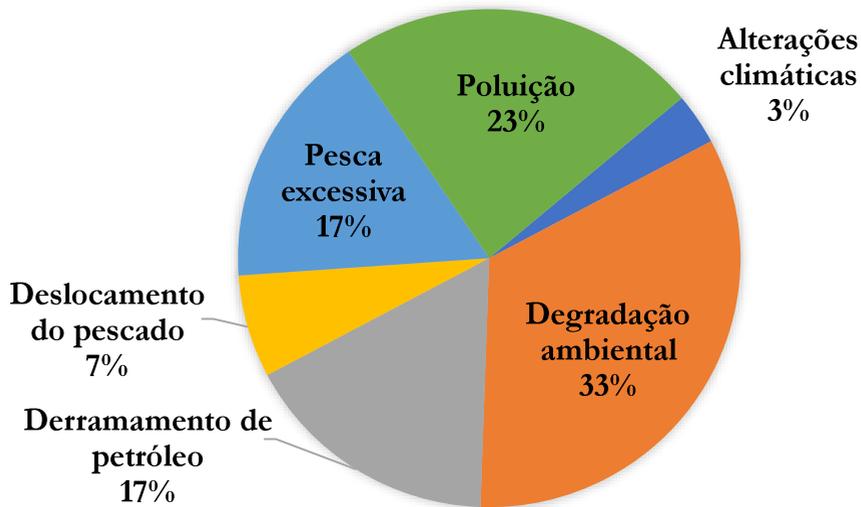


Figura 3. Razões apontadas para a queda na produção pesqueira e a redução no tamanho do pescado, por pescadores artesanais que operam os currais de pesca, na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.

Estrutura do curral de pesca e origem da madeira

Os currais de pesca possuem entre 37 a 48 m de comprimento e são construídos em regiões de baixa profundidade, predominantemente com menos de 5 m de profundidade, acessados majoritariamente por embarcações de madeira motorizadas, ainda que barcos a remo também façam parte da frota local. São armadas com uma estrutura formada por esteiras de bambu (40 mm de espaçamento) e calões de eucalipto enfileirados paralelamente. Uma passarela é construída na porção emersa para permitir o trânsito dos pescadores para a despesca e manutenção de rotina. São constituídos por quatro compartimentos (espia, gancho, casa do meio e viveiro), sendo a despesca efetuada neste último e realizada por dois pescadores (Figura 4).

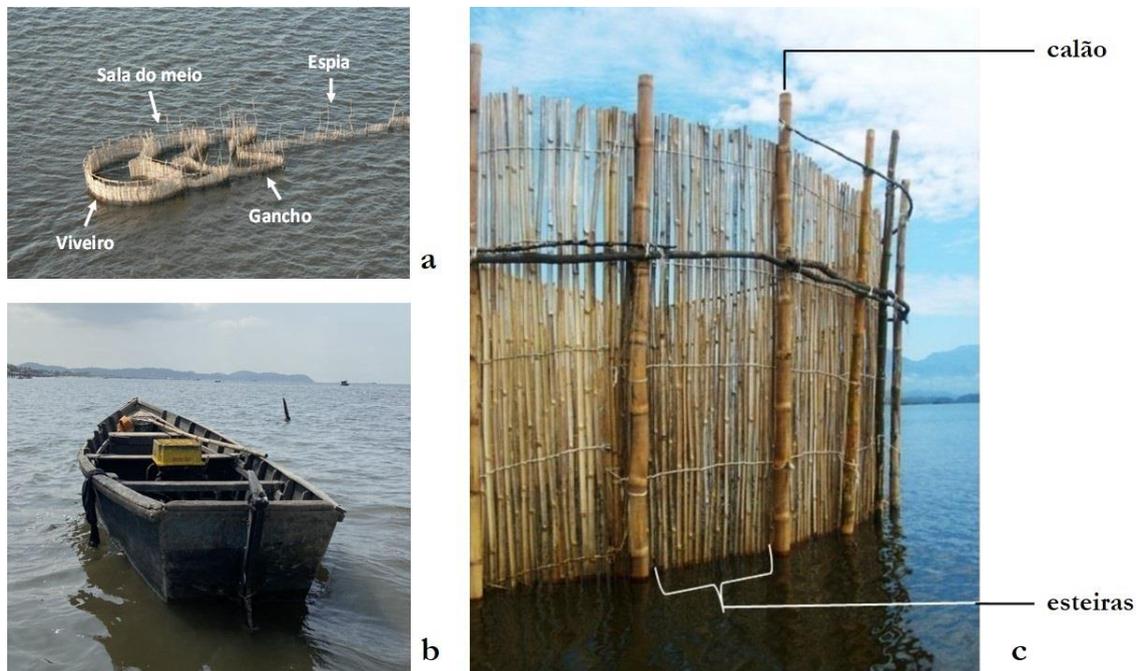


Figura 4. Curral de pesca, armadilha fixa utilizada na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. a) compartimentos de um curral de pesca típico; b) embarcação de madeira com motor de centro usado por pescadores no acesso aos currais; c) estrutura do curral de pesca.

Foram vistoriados um total de 90 currais de pesca, sendo 91,1% classificados como ativos enquanto 4,4% estão abandonados e 4,4% em reforma, compondo os currais inativos. Dos ativos, 26,7% não utilizam madeira de mangue, já em 64,3% dos currais foi identificada a utilização dessa madeira, sendo destes 2,2% limitados ao calão, 47,7% dos currais com madeira de mangue apenas na passarela e 14,4% apresentam um uso mais ostensivo, tanto na passarela quanto no calão. Foi observado o uso de madeira de mangue-branco e mangue-vermelho (Figura 5).

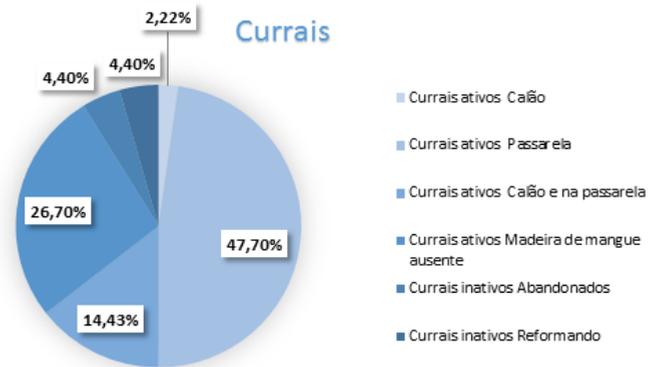


Figura 5. Proporção de currais ativos e inativos inseridos na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Rio de Janeiro, Brasil. Detalhe para o uso da madeira de mangue (calão, passarela e calão/passarela) e inativos (abandonado, em reforma).

DISCUSSÃO

Entrevistas com pescadores especialistas

O Brasil figura em destaque como uma das principais referências no uso do conhecimento tradicional para fundamentar a produção científica a respeito da pesca de pequena escala (Sousa *et al.*, 2022). Enquanto a posição é positiva por demonstrar o interesse acadêmico em acessar uma fonte relevante de informações, ela também reflete uma escassez histórica de dados de pesca, seja da produção comercial, seja da pesca de subsistência, bem como a caracterização tecnológica das pescarias praticadas ao longo da costa brasileira e em suas bacias hidrográficas. O esforço por si só já representaria uma tarefa hercúlea por parte do poder público, mas a incapacidade de organizar um sistema nacional de monitoramento relegou ao país um quadro de profundo desconhecimento da escala atual de produção dos recursos pesqueiros brasileiros, bem como a evolução histórica da exploração das diversas espécies comerciais (Dias *et al.*, 2022). Dessa forma, restou a comunidade científica explorar uma fonte de informações local com potencial de sanar, mesmo que parcialmente, essa escassez de informações, ainda que precauções sobre a qualidade da informação fornecida

precisem ser tomadas para a plena validação dos dados compartilhados (Davis e Wagner, 2003; Santos *et al.*, 2022).

Dada às restrições impostas à seleção dos pescadores especialistas entrevistados, a idade média e o tempo de atuação foram altos. Ainda assim, é válido salientar que a maior parte dos pescadores reportam ainda estar ativos na pesca de curral, mesmo nos casos de profissionais já atendidos pela previdência social. O envelhecimento médio do conjunto de pescadores artesanais já foi apontado para outra comunidade de pescadores da costa do Rio de Janeiro por Trimble e Johnson (2013), tendo os pescadores indicado que sua dedicação à pesca foi fruto do pertencimento a uma linhagem de pescadores artesanais. Entretanto não possuem expectativa de que as gerações futuras continuarão a atuar como pescadores profissionais, atribuindo a previsão ao declínio da produção pesqueira e às dificuldades inerentes à profissão. O panorama descrito por Trimble e Johnson (2013) para uma comunidade tradicional em Paraty reflete em parte uma realidade verificada na Baía de Guanabara, onde os pescadores entrevistados pertencem a uma comunidade tradicional sendo eles próprios, em sua maioria, filhos, netos e bisnetos de pescadores de curral, descrevendo um cenário de queda na produção do seu principal recurso, a tainha.

A redução no volume desembarcado ao longo dos últimos 30 anos e na captura dos principais pescados da pesca de curral, relatado por todos os entrevistados, também encontra eco nos relatos de pescadores artesanais de outras partes da costa brasileira. Martins *et al.* (2018), com base em entrevistas de pescadores da costa de Santa Catarina, sul do Brasil, apontaram uma queda para a corvina para 94% dos entrevistados, enquanto que 81% dos pescadores reportaram a queda na produção da tainha. Tanto a corvina quanto a tainha constituem importantes recursos explorados por comunidades tradicionais no sudeste-sul do Brasil (Begossi *et al.*, 2017), sendo necessário contemplar a segurança alimentar e a viabilidade econômica dessas populações aos planos de manejo dessas espécies. Enquanto o declínio na produção de tainha e corvina foi relatado pelos pescadores, o monitoramento da flutuação das populações dessas espécies é indispensável para caracterizar a escala do comprometimento desses recursos ao longo do tempo. O alerta dos entrevistados, no entanto, pode ser reforçado com a observação de que a corvina é comercializada

localmente sob diferentes nomes vulgares, associados a faixas de tamanho inferiores ao tamanho de primeira maturação, o que é corroborado por ser uma dessas variantes, a corvinita, apontada por um pescador como uma categoria que aumentou sua produção nas últimas décadas.

O quadro de degradação ambiental da Baía de Guanabara é amplamente conhecido e uma realidade que ainda hoje compromete a qualidade ambiental. Apesar de seguidos programas dedicados a mitigar os efeitos do efluente industrial e agrícola lançados na sua bacia de drenagem, bem como do esgoto *in natura* produzido pelo crescimento desordenado da área metropolitana (Fistarol *et al.*, 2015; Soares-Gomes *et al.*, 2016; Silva Jr. *et al.*, 2016), o cenário permanece desafiador. O fato também já se incorporou ao conhecimento popular dos pescadores, compondo, junto com o derramamento de petróleo, no principal culpado pelo declínio na captura. Este último é mencionado em especial devido à lembrança do lançamento acidental de 1.300 m³ de combustível naval em janeiro de 2000 (Meniconi *et al.*, 2001). A ocorrência gerou um ponto de conflito entre o ressarcimento oferecido pela PETROBRÁS S.A., responsável pela tubulação danificada, e os prejuízos sentidos pela comunidade de pescadores, o que se reflete numa imagem negativa que persiste ainda hoje.

O histórico da produção pesqueira da região, tanto reportado pela literatura quanto indicado pelos próprios pescadores, refletem um contínuo conflito no uso da área para a Baía de Guanabara. Enquanto os entrevistados reportaram a atividade da pesca de arrasto e, em menor escala, da pesca de emalhe, como também responsáveis pelo declínio da pesca de curral, a literatura já indicou conflitos passados associados a essa modalidade. A expulsão da comunidade de pescadores da região do Cajú, na Cidade do Rio de Janeiro, para a área de Magé, no alto estuário, ao longo da primeira metade do século XX, representa a origem da área onde hoje está restrita a prática dessa modalidade de pesca. Bernardes (1958) reporta em detalhes a introdução da pesca de arrasto de porta, tendo sido uma alternativa mais rentável que atraiu embarcações e seus operadores para uma área originalmente dedicada à pesca de curral. Por fim, a contínua alteração da baía com sucessivos aterramentos e o aumento do tráfego de embarcações eliminou as áreas onde os currais costumavam ser construídos, obrigando os pescadores a se refugiar no alto estuário. Prestrelo e Vianna (2016) espacializaram o

conflito de uso entre as diversas modalidades de pesca e outras atividades econômicas, sendo salientado que a introdução de novos atores na baía, bem como a introdução de novas legislações que restringiram a atividade pesqueira a uma área ínfima, provocaram a desobediência às limitações impostas a frota pesqueira, bem como um aumento do conflito entre diferentes modalidades, coincidindo com o embate entre a pesca de arrasto e a pesca de curral reportado pelos entrevistados.

Enquanto as análises tiveram como base as informações fornecidas por 20 pescadores tradicionais, todos homens, o papel feminino tende a ser obscurecido pela ênfase dada apenas a captura de pescado e não à cadeia produtiva da pesca tradicional como um todo. Nestas comunidades tradicionais, o ato da pesca permanece caracterizado em sua maioria pela mão-de-obra masculina, ainda que com participação feminina detectada mas pouco avaliada. A participação das mulheres em grande parte se dá no beneficiamento do pescado (Trimble e Johnson, 2013), permitindo o aumento do valor agregado a um pescado pouco apreciado pelo mercado consumidor, o que foi possível registrar no caso do siri-mirim *Callinectes danae* Smith, 1869, uma pescaria sustentável também praticada na região (Garcia *et al.*, 2022), bem como na salga do bagre *Genidens barbatus* (Lacépède, 1803) e *Genidens genidens* (Cuvier, 1829), preparo tradicional em grande parte feito para atender demanda dos próprios pescadores. Essas observações, feitas pela própria equipe, coincidem com estudos para outras comunidades tradicionais da costa brasileira (Santos, 2015).

O uso do CEL para acessar informações acerca da dinâmica da pesca de uma região demanda uma relação positiva entre os pesquisadores e as comunidades tradicionais estudadas. A possibilidade de se resgatar dados inexistentes na literatura especializada e nas agências governamentais também implica numa troca que seja benéfica a essas comunidades, buscando disponibilizar o conhecimento gerado, bem como auxiliar na busca de soluções que conciliem a garantia de renda e o sucesso dos planos de manejo e de conservação. A necessidade já foi salientada por Tichelel *et al.* (1998) em estudo desenvolvido com a participação de pescadores tradicionais de pântanos na Zâmbia. O passo simples ajuda a sedimentar a relação da comunidade com a academia e fomenta uma parceria que pode ser usada em futuros estudos, com acesso a uma ampla fonte de informações pretéritas e atuais (Silvano e Valbo-Jorgensen, 2008), bem como abre a possibilidade

de incentivar a comunidade a ter um papel mais ativo no manejo sustentável dos recursos dos quais dependem financeira e culturalmente, em especial através da gestão participativa, o que é ainda mais significativo quando levado em consideração se tratar de comunidades tradicionais inseridas em uma área de proteção ambiental.

Estrutura do curral de pesca e origem da madeira

A pesca de curral da baía de Guanabara foi classificada por Prestrelo *et al.* (2019) como uma pescaria de menor custo tecnológico, sem necessitar no uso de embarcações de grande porte e maior autonomia. Sendo assim, o custo de construção e manutenção do petrecho em si, o curral de pesca, passa a ter papel central no custeio da operação. As entrevistas permitiram identificar que a alteração na legislação ambiental, em especial nas décadas de 1990 e 2000, e a incorporação de amplos territórios da pesca tradicional da comunidade de pescadores de curral à APA de Guapimirim, teve como consequência a alteração do material para estruturação dos currais, com necessidade de uso da madeira de eucalipto e bambú, e em menor grau das próprias matas do entorno, em substituição à madeira de manguezal. A proibição na extração de madeira para construção de currais foi instituída em 2005 (MMA, 2005), próximo a mediana encontrada para a troca. A substituição foi um passo crítico para a preservação do último resquício extenso da cobertura original de manguezais que dominavam a região nos últimos séculos, mas representou um aumento de custo para os pescadores, que passaram a ter de incluir o investimento em uma nova fonte de madeira para poderem reformar e construir novos currais, gasto absorvido inteiramente pelos próprios pescadores. Esse histórico foi abordado especificamente durante as entrevistas e, enquanto a maior parte dos pescadores mencionou já ter concluído a transição para o uso de bambú e eucalipto, a maior parte dos currais visitados apresentou o uso de madeira de manguezal em sua estrutura. Apesar de contraditório, a indicação do uso de madeira de origem do manguezal pelos pescadores não indica necessariamente a depredação dos manguezais protegidos pela unidade de conservação. A madeira continua sendo valorizada pelos pescadores pela sua resistência às condições marinhas, sendo reutilizada para a construção de novas estruturas e em reparos dos currais ativos.

De acordo com as entrevistas e as visitas *in loco*, percebemos que muitos pescadores usam a madeira de mangue na passarela do curral, o que é justificável, pois se trata da estrutura responsável por sustentar o peso do pescador no momento da despesca ou de reparos ocasionais, sendo questão de garantia de segurança para o pescador poder exercer sua função, dependendo assim de um material firme, maleável e resistente às intempéries do ambiente estuarino, característica que eleva o interesse pela madeira de mangue sobre as alternativas disponíveis. Em contrapartida a madeira de eucalipto, com baixa resistência às condições do estuário, demandam maior investimento na reposição das esteiras e calões, e, conseqüentemente, reduzem o lucro obtido com a pesca. O reaproveitamento da madeira de manguezal significa em grande parte a manutenção no uso de madeira extraída ainda da época em que a extração era legal, ainda que uma porção reduzida seja efetivamente retirada de forma ilegal. O uso tradicional da madeira de mangue para a pesca também foi reportado por comunidades tradicionais avaliadas por Santos e Lana (2017) para uma área de proteção ambiental na costa do Paraná, Brasil, sendo a proibição da extração de madeira apontada como um impedimento a prática da pesca. A flexibilização da legislação e a possibilidade do uso sustentável da madeira de mangue proporcionaria aos pescadores a oportunidade de usufruir de um material de maior qualidade. A abordagem poderia aumentar a adesão das comunidades tradicionais ao manejo sustentável, através do aumento da interdependência dessas comunidades para com o ecossistema protegido (Santos e Lana, 2017), bem como demandar um sistema de fiscalização mais eficiente e a conscientização das comunidades da região.

Importante salientar que os galhos de árvores de manguezal para a construção de passarelas são o foco principal da atividade de extração, como observado para a maior parte dos currais avaliados. Por isso, é possível afirmar que seu uso oferece um menor impacto ambiental já que não se traduz na morte da árvore, mas o aproveitamento sustentável de uma parte do organismo. A situação é distinta da utilização de um tronco de mangue como estrutura de sustentação, como no caso do calão, verificado numa participação menor mas relevante dos currais ativos. O tempo de vida do calão, mesmo sendo de madeira de mangue, tende a ser menor devido a bioincrustação, salinidade e processos químicos em meio aquoso, o que dificulta a reutilização dos troncos e significam

necessariamente que sua utilização pode se originar de madeira extraída ilegalmente, posterior a criação da APA de Guapimirim.

CONCLUSÕES

A Baía de Guanabara representa um importante ambiente estuarino brasileiro, seja pelo aspecto histórico seja pela riqueza ainda presente na região. As entrevistas com pescadores de curral, comunidade tradicional ainda atuante no estuário, permitiu reconstituir a dinâmica de uma pescaria ao longo dos últimos 30 anos. Foram confirmadas as principais espécies associadas à atividade, a *Mugil liza* e a *Micropogonias furnieri*, o que traz em si um alerta, já que constituem estoques da costa sul-sudeste do Brasil sob forte pressão pesqueira.

As entrevistas permitiram registrar não apenas as alterações ambientais, como as mudanças tecnológicas em consequência de novas legislações ambientais sendo implementadas. Tal dinâmica se mostrou importante para se obter um quadro mais completo de como a pescaria se desenvolveu após a entrada em vigor da Unidade de Conservação, APA de Guapimirim. Importante ressaltar que ainda que a medida de implementar uma APA que protegesse os manguezais da baía fosse, e ainda é, essencial para a preservação das teias tróficas locais, prestando relevante papel para a manutenção de diversas populações de peixes estuarinos e marinhos, a política gerou um aumento de custo sobre os pescadores de currais da região, já pressionados pela queda na produção pesqueira e a redução do estoque de sua principal espécie-alvo, a tainha *Mugil liza*. O custo de construção e manutenção de um petrecho é central para a viabilidade econômica de um pescador, e torna indispensável que seja levada em consideração pelos elaboradores de planos de manejo, já que a resistência dos pescadores ou sua participação como parceiros vai depender dessa equação e, por consequência, o sucesso da medida de manejo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação das comunidades de pescadores tradicionais de Piedade,

São Francisco, Olaria e Ipiranga, em Magé, que gentilmente cederam seu tempo e conhecimento para auxiliar no desenvolvimento dos trabalhos de campo, em especial os pescadores especialistas entrevistados. Este trabalho recebeu apoio de uma medida compensatória estabelecida pelo Termo de Ajustamento de Conduta de responsabilidade da empresa PetroRio, conduzido pelo Ministério Público Federal – MPF/RJ, com implementação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – Funbio.

REFERENCIAS

- Baptista-Neto J.A., Barreto C.F., Vilela C.G., Fonseca E.M., Melo G.V., Barth O.M. (2017). Environmental change in Guanabara bay, SE Brazil, based in microfaunal, pollen and geochemical proxies in sedimentary cores. *Ocean and Coastal Management* 143: 4-15.
- Begossi A., Salivonchik S., Hallwass G., Hanazaki N., Lopes P.F.M., Silvano R.A.M. (2017). Threatened fish and fishers along the Brazilian Atlantic Forest Coast. *Ambio* 46: 907-914.
- Begot L.H., Vianna M. (2014). Legislação pesqueira costeira: O caso da baía de Guanabara, RJ. *Boletim do Instituto de Pesca* 40(4): 497-520.
- Bernardes L.M.C. (1958). Pescadores da Ponta do Cajú: Aspectos da contribuição de portugueses e espanhóis para o desenvolvimento da pesca na Guanabara. *Revista Brasileira de Geografia* 20(2): 49-69.
- Carugati L., Gatto B., Rastelli E., Martire M.L., Coral C., Greco S., Danovaro R. (2018). Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports* 8: 13298.
- Davis A., Wagner J.R. (2003). Who knows? On the importance of identifying “experts” when researching Local Ecological Knowledge. *Human Ecology* 31(3): 463-489.
- Dias M., Zamboni A., Canton L. (2022). Auditoria da pesca. *Brasil 2021: Uma avaliação integrada da governança, da situação dos estoques e das pescarias*. 2º Edição. Oceana Brasil, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Ellison A.M., Farnsworth E.J., Merkt R.E. (1999). Origins of mangrove ecosystems and the mangrove biodiversity anomaly. *Global Ecology and Biogeography* 8: 95-115.
- Ermgassen P.S.E., Mukherjee N., Worthington T.A., Acosta A., Araújo A.R.R., Beitel C.M., Castellanos-Galindo G.A., Cunha-Lignon M., Dahdouh-Guebas F., Diele K., Parrett C.L., Dwyer P.G., Gair J.R., Johnson A.F., Kuguru B., Lobo A.S., Loneragan N.R., Longley-Wood K., Mendonça J.T., Meynecke J.-O., Mandal R.N., Munga C.N., Reguero B.G., Rönnbäck P., Thorley J., Wolff M., Spalding M. (2020). Fishers who rely on mangroves: Modelling and

- mapping the global intensity of mangrove-associated fisheries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 247: 106975.
- Ferreira A.C., Lacerda L.D. (2016). Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. *Ocean and Coastal Management* 125: 38-46.
- Fistartol G.O., Coutinho F.H., Moreira A.P.B., Venas T., Cánovas A., Paula Jr. S.E.M., Coutinho R., Moura R.L., Valentin J.L., Tenenbaum D.R., Paranhos R., Valle R.A.B., Vicente A.C.P., Amado-Filho G.M., Pereira R.C., Kruger R., Rezende C.E., Thompson C.C., Salomon P.S., Thompson F.L. (2015). Environmental and Sanitary Conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. *Frontiers in Microbiology* 6: 1232.
- Franco A.C.S., Brotto D.S., Zee D.M.W., Santos L.N. (2014). Long-term (2002-2011) changes on *Cetengraulis edentulus* (Clupeiformes: Engraulidae) fisheries in Guanabara bay, Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 62(3): 1019-1029.
- Friess D.A. (2016). Ecosystem services and disservices of mangrove forests: Insights from historical colonial observations. *Forests* 7: 183.
- Garcia L., Keunecke K.; Fukuda J.C., Vianna M. (2022). Pescaria sustentável de siris na APA de Guapi-Mirim (Baía de Guanabara): Descrição e sugestões de manejo. *Biodiversidade Brasileira* 12(1): 128-142.
- Goodman L.A. (2011). Comment: On respondent-driven sampling and snowball sampling in hard-to-reach populations and snowball sampling not in hard-to-reach populations. *Sociological Methodology* 41(1): 347-353.
- Jablonski S., Azevedo A.F., Moreira L.H.A. (2006). Fisheries and conflicts in Guanabara bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(1): 79-91.
- Lopes M.S., Grouard S., Gaspar M.D., Sabadini-Santos E., Bailon S., Aguilera O. (2022). Middle Holocene marine and land-tetrapod biodiversity recovered from Galeão shell mound, Guanabara Bay, Brazil. *Quaternary International* 610: 80-96.
- Manson F.J., Loneragan N.R., Skilleter G.A., Phinn S.R. (2005). An evaluation of the evidence for linkages between mangroves and fisheries: A synthesis of the literature and identification of research directions. *Oceanography and Marine Biology: An annual review* 43: 485-515.
- Martins I.M., Medeiros R.P., Di Domenico M., Hanazaki N. (2018). What fishers' local ecological knowledge can reveal about the changes in exploited fish catches. *Fisheries Research* 198: 109-116.
- Menezes M.F. (1976). Aspectos biológicos da Serra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), capturada por currais de pesca, *Arquivos de Ciências do Mar* 16: 45-48.
- Meniconi M.F.G., Santos A.F., Salmito T.M.C., Romão C.A., Moreira I.M.N.S., Scofield A.L., Azevedo L.A.C., Machado G.A.W.C. (2001). Fisheries safety monitoring in the Guanabara bay, Brazil, following a marine fuel oil spill. *International Oil Spill Conference Proceedings* 2001(2): 951-957.

- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2005). Instrução Normativa nº 14, de 14 de junho de 2005. Diário Oficial da União. Imprensa Nacional.
- Organização das Nações Unidas (ONU). (2019). World urbanization prospects 2018. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York, EUA. 30 pp.
- Pauly D. (1995). Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 10(10): 430.
- Potter I.C., Tweedley J.R., Elliott M., Whitfield A.K. (2015). The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries* 16: 230-239.
- Pottie S., Flam A.L., Keeping J.A., Chivindze C., Bull J.C. (2021). Quantifying the distribution and site fidelity of a rare, non-commercial elasmobranch using local ecological knowledge. *Ocean and Coastal Management* 212: 105796.
- Prestrelo L., Oliveira R., Vianna M. (2019). A new proposal to classify small fishing vessels to improve tropical estuarine fishery management. *Fisheries Research* 211: 100-110.
- Prestrelo L., Vianna M. (2016). Identifying multiple-use conflicts prior to marine spatial planning: A case study of a multi-legislative estuary in Brazil. *Marine Policy* 67: 83-93.
- Ruddle K., Davis A. (2016). What is “Ecological” in Local Ecological Knowledge? Lessons from Canada and Vietnam. *Society and Natural Resources* 24(9): 887-901.
- Saback J.L. (2021). As estatísticas públicas e importância dos indicadores para gestão da pesca: Observações sobre a prática na baía de Guanabara. *Mares* 3(2): 67-75.
- Sáenz-Arroyo A., Revollo-Fernández D. (2016). Local ecological knowledge concurs with fishing statistics: An example from the abalone fishery in Baja California, Mexico. *Marine policy* 71: 217-221.
- Santos A.N. (2015). Fisheries as a way of life: Gendered livelihoods, identities and perspectives of artisanal fisheries in eastern Brazil. *Marine Policy* 62: 279-288.
- Santos N.M., Lana P. (2017). Present and past uses of mangrove wood in the subtropical Bay of Paranaguá (Paraná, Brazil). *Ocean and Coastal Management* 148: 97-103.
- Santos S.R., Macedo M.L.C., Maciel T.R., Souza G.B.G., Almeida L.S., Gadig O.B.F., Vianna M. (2022). A tale that never loses in the telling: Considerations for the shifting ethnobaseline based on artisanal fisher records from the southwestern Atlantic. *Ethnobiology and Conservation* 11:03.
- Schaan D. (2010). Long-term human induced impacts on Marajó Island landscapes, Amazon Estuary. *Diversity* 2: 182-206.
- Sharma D., Rao K., Ramanathan A. (2022). A Systematic Review on the Impact of Urbanization and Industrialization on Indian Coastal Mangrove Ecosystem. In: Madhav, S., Nazneen, S., Singh, P. (eds) *Coastal Ecosystems*. Coastal Research Library, vol 38. Springer, Cham.
- Silva Jr. D.R., Paranhos R., Vianna M. (2016). Spatial patterns of distribution and the influence of seasonal and abiotic factors on demersal ichthyofauna in an estuarine tropical bay. *Journal of Fish Biology* 89(1): 821-846.

- Silvano R.A.M., Valbo-Jorgensen J. (2008). Beyond fishermen's tales: Contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environment, development and sustainability* 10: 657.
- Soares-Gomes A., Gama B.A.P., Baptista-Neto J.A., Freire D.G., Cordeiro R.C., Machado W., Bernardes M.C., Coutinho R., Thompson F.L., Pereira R.C. (2016). An environmental overview of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. *Regional Studies in Marine Science* 8: 319-330.
- Soga M., Gaston K.J. (2018). Shifting baseline syndrome: Causes, consequences, and implications. *Frontiers in Ecology and the Environment* 16(4): 222-230.
- Sousa W.L., Zacardi D.M., Vieira T.A. (2022). Traditional Ecological Knowledge of fishermen: People contributing towards environmental preservation. *Sustainability* 14: 4899.
- Tavares Filho F., Paiva R.F.P.S., Poll A.P., Batista A.P., Freitas W.K. (2020). Os efeitos do avanço urbano/industrial na baía de Guanabara na percepção de pescadores artesanais. *Ambiente e Sociedade* 23: e03011.
- Teixeira-Leite C.V., Lima A.P., Maciel T.R., Santos S.R.B., Vianna M. (2018). A baía de Guanabara é um ambiente importante para a conservação neotropical? Uma abordagem ictiológica. *Diversidade e Gestão* 2(2): 76-89.
- Ticheler H.J., Kolding J., Chanda B. (1998). Participation of local fishermen in scientific fisheries data collection: a case study from the Bangweulu Swamps, Zambia. *Fisheries Management and Ecology* 5: 81-92.
- Trimble M., Johnson D. (2013). Artisanal fishing as an undesirable way of life? The implications for governance of fishers' wellbeing in coastal Uruguay and southeastern Brazil. *Marine Policy* 37: 37-44.
- Valerio M.A., Rodriguez N., Winkler P., Lopez J., Dennison M., Liang Y., Turner B.J. (2016). Comparing two sampling methods to engage hard-to-reach communities in research priority setting. *Medical Research Methodology* 16: 146.
- Veríssimo J. (1895). A pesca na Amazônia. Livraria Clássica de Alves. 206pp.
- Vianna M., Mattos F.J.P. (2018). A pesca estuarina metropolitana. In: Valentin J.A., Paiva P.C., Salomon P.S. (eds). *A Baía de Guanabara: passado, presente e futuro de um ecossistema ameaçado*. Editora CRV. Curitiba, Brasil. pp. 261-276.
- Whitfield A.K. (2016). The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 27: 75-110.
- Wilson D.C., Raakjaer J., Degnbol P. (2006). Local ecological knowledge and practical fisheries management in the tropics: A policy brief. *Marine Policy* 30: 794-801.

Sargassum spp. de arribazón: aprovechamiento de su biomasa y oportunidades de desarrollo para la agricultura local

Massive beaching *Sargassum* spp.: utilization of its biomass and development opportunities for local agriculture

Adrián Alejandro Espinosa-Antón^{1,2*}, Rey Jesús León Ferrer³,
Nelson Javier Ramirez-Linares³

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

²Maestría en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

³Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Departamento de Acuicultura, Boca de Río, Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Venezuela.

Adrián Alejandro Espinosa-Antón   aeanton9407@gmail.com

RESUMEN | Las macroalgas pardas pertenecientes al género *Sargassum* spp. son organismos marinos cosmopolitas presentes en aguas tropicales y subtropicales del mundo. El género incluye especies bentónicas y pelágicas que pueden arrastrarse y acumularse en cantidades masivas en las zonas costeras como resultado del efecto del oleaje y las corrientes marinas. Este fenómeno ha llamado la atención en los últimos cinco años de diversos sectores de la sociedad debido a su incremento en frecuencia e intensidad en el Atlántico Norte, así como a su impacto ecológico, social y económico en gran parte de países de la región. Estos arribazones, frecuentemente en cantidades comerciales no son aprovechados, y a menudo son subvalorados al ser considerados como basura por la industria local. Por ende, el objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar el uso potencial de la biomasa del *Sargassum* spp. de arribazón como fuente sostenible de oportunidades de desarrollo para la agricultura local. En el trabajo se describe la presencia de compuestos bioactivos en la biomasa de *Sargassum* spp. y los efectos de diferentes productos obtenidos de estas algas como abonos, compost, extractos y biocarbón en el sistema suelo-planta. Además, se analizan las principales limitaciones del uso del *Sargassum* spp. de arribazón en la agricultura y las posibles soluciones a estas problemáticas.

Palabras clave | Bioestimulante, fertilizante orgánico, mareas doradas, producción agrícola, *Sargassum* pelágico.

ABSTRACT | Brown macroalgae belonging to the genus *Sargassum* spp. are cosmopolitan marine organisms present in tropical and subtropical waters of the world. The genus includes benthic and pelagic species that can be dragged and accumulate in massive quantities in coastal areas by the effect of waves and marine currents. This phenomenon has attracted the attention of various sectors of society in the last five years due to its increasing frequency and intensity in the North Atlantic and its ecological, social, and economic impacts in many countries of the region. These algal blooms, often in commercial quantities, are not exploited and are usually undervalued as they are considered waste by the local industry. Therefore, the objective of this bibliographic review was to analyze the potential use of *Sargassum* spp. biomass as a sustainable source of development opportunities for local agriculture. The study describes the presence of bioactive compounds in *Sargassum* spp. biomass and the effects of different products obtained from these algae as fertilizers, composts, extracts, and biochar in the soil-plant system. In addition, the main limitations of *Sargassum* spp. biomass use in agriculture and possible solutions to these problems are analyzed.

Keywords |
Biostimulant,
organic fertilizer,
golden tides,
agriculture production,
pelagic *Sargassum*.

INTRODUCCIÓN

Las arribazones de macrófitas son acumulaciones de macroalgas y fanerógamas marinas en zonas litorales, es decir, varada en playas, riberas de lagunas costeras o estuarios (Castillo y Dreckmann, 1995). Estos eventos ocasionales son promovidos por la acción de las corrientes marinas, vientos o ciclones, que posicionan la biomasa acumulada en un tiempo limitado o extenso en la costa (Torres y Martínez-Daranas, 2019). Según la composición florística pueden ser mono o poliespecíficas (compuestas de una o más especies). Con frecuencia, solo la integran macroalgas pardas del género *Sargassum*, tanto de vida bentónica como pelágica (Smetacek y Zingone, 2013; Devault *et al.*, 2021). Para las zonas tropicales y subtropicales del Atlántico occidental se han registrado aproximadamente 19 especies para este género (Wynne, 2017).

En particular, las especies *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans* representan el sargazo pelágico, cuya reproducción vegetativa transcurre en el océano abierto, sin necesidad de un sustrato (Devault *et al.*, 2021; Garcia *et al.*, 2021). Como resultado, se forman agrupaciones dispersas de biomasa que se mantienen suspendidas en la superficie del mar debido a la presencia de vesículas gaseosas (Smetacek y Zingone, 2013; Garcia *et al.*, 2021). Este sargazo flotante proviene de una extensa zona del Atlántico Central Tropical, situado entre las costas de Las Antillas y del Norte de África, denominado el Mar de los Sargazos (Torres y Martínez-Daranas, 2019; Desrochers *et al.*, 2020). En los últimos años, la biomasa promedio acumulada en todo el arco del Mar Caribe ha sido 200 veces mayor a la históricamente reportada (Wang *et al.* 2019), siendo el caribe mexicano una de las zonas litorales más impactadas por estos eventos (Chávez *et al.*, 2020). De acuerdo con

Desrochers *et al.*, (2020) el cambio climático y la eutrofización de los océanos, son las causas principales del aumento en intensidad y frecuencia de las arribazones de sargazo.

Los efectos negativos asociados con estas afluencias masivas de sargazo incluyen: mortalidad de la flora y fauna bentónica cercana a la costa, erosión de las playas, contaminación, disminución del turismo y la pesca, y altos costos de gestión ambiental (Chávez *et al.*, 2020). Estos efectos no deseables pueden generar un gran impacto ambiental y económico en las comunidades costeras (Thompson *et al.*, 2020). Sin embargo, en varias zonas de la región estas aglomeraciones de biomasa son subvaloradas al ser considerados como basura por la industria local. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es analizar el uso potencial de la biomasa del *Sargassum* spp. de arribazón como fuente sostenible de oportunidades de desarrollo para la agricultura local, además, de las principales limitaciones de su uso en la agricultura y las posibles soluciones a estas problemáticas.

MATERIALES y MÉTODOS

Se realizó una investigación de tipo documental bibliográfica para analizar el uso potencial de la biomasa de *Sargassum* spp. de arribazón, como insumo alternativo para la producción agrícola local. Con este fin, se consultaron publicaciones científicas disponibles en bases de datos multidisciplinarias como: Google Scholar (<https://scholar.google.com>), SciELO (<https://scielo.org/es>) y Redalyc (<https://www.redalyc.org>), mediante el empleo de las siguientes combinaciones de palabras claves o *keywords*: arribazones, biomasa, *Sargassum*, sargazo pelágico, Caribe, impactos, bioacumulación, composición química, fertilizante, compost, extractos de macroalgas y agricultura. Para confeccionar el cuerpo teórico del presente trabajo se utilizaron 55 fuentes bibliográficas en idioma inglés y español, que comprenden artículos de investigación, artículos de divulgación, capítulos de libros e informes regionales.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Composición química de la biomasa de *Sargassum* spp.

El contenido de humedad en la biomasa fresca del género *Sargassum* puede oscilar entre el 82 y el 87%, mientras que en masa seca se describe entre 8.19 y 18.8%. Por su parte, la composición proximal en base a materia seca incluye principalmente carbohidratos (11-59%), cenizas (9-47%) y fibras (7-33%), y en menor proporción proteínas (2-15%) y lípidos (<4%) (Desrochers *et al.*, 2020; Tonon *et al.*, 2022). Otros compuestos bioquímicos de interés son vitaminas (A, B1, B2, B3, B9, B12, C y E), pigmentos (carotenoides y xantofilas), aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, reguladores del crecimiento vegetal (auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, ácido jasmónico) y metabolitos secundarios (Oyesiku y Egunyomi, 2014; Milledge y Harvey, 2016;

Ali *et al.*, 2021; Tonon *et al.*, 2022). Sin embargo, la composición química de estas macroalgas puede variar en función de las especies y/o morfotipos, etapa del ciclo vida, sitio de cosecha, época del año y condiciones ambientales donde se desarrollan (Davis *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 2020; Tonon *et al.*, 2022).

Carbohidratos y fibras

El contenido de carbohidratos varía desde 11,6 a 58,7% del peso seco en las especies pelágicas y entre 33,5 a 67,8% en las no pelágicas (Desrochers *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 2020). Estas diferencias en los valores determinados podrían deberse a las condiciones ambientales en las que habitan las especies y a la eficacia de los diferentes métodos analíticos aplicados (Desrochers *et al.*, 2020). El contenido de carbohidratos en estas macroalgas en su mayoría son polisacáridos (aproximadamente 68% del peso seco) que componen toda la estructura de la pared celular (alginatos, fucoidanos y celulosa) o constituyen reservas energéticas (laminarina) (Jung *et al.*, 2013; Oyesiku y Egunyomi, 2014). El estudio realizado por Tonon *et al.* (2021) y Davis *et al.* (2020) informó que el porcentaje de alginatos en base seca osciló entre 1,36 a 13,5% en la biomasa de *Sargassum* pelágico procedente de diferentes países del Caribe. Este polisacárido se encuentra en forma de sales monovalentes (sodio y potasio) y divalentes (calcio, magnesio, estroncio y bario) (Milledge y Harvey, 2016).

En general, los polisacáridos sulfatados de las macroalgas marinas poseen una estructura química que difiere de los polisacáridos presentes en las plantas terrestres (Khan *et al.*, 2009; Craigie *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2021). En cambio, poseen diferentes grupos funcionales como hidroxilo, sulfatos y carboxilo que juegan un rol central en la biosorción de iones metálicos al actuar como sitios de interacción, es decir, poseen una elevada capacidad de intercambio iónico (Davis *et al.*, 2000; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2020). Esta propiedad química revierte gran importancia en la formación de iones minerales (quelatos) esenciales para la nutrición vegetal; además, mejora las propiedades del suelo tales como: aireación, estructura (especialmente en suelos arcillosos) y retención de la humedad (McHugh, 2003; Khan *et al.*, 2009). Otras propiedades descritas para los alginatos y fucoidanos presentes en las paredes celulares del *Sargassum* están relacionadas con su capacidad de promover mecanismos de defensa frente a situaciones de estrés biótico y abiótico (Mukherjee y Patel, 2020). Asimismo, se han descrito sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Sariñana-Aldaco *et al.*, 2021). Además, estimulan el crecimiento de bacterias desnitrificantes del suelo, representando una estrategia promisoriosa para reducir la salinización secundaria del suelo producto del uso excesivo de fertilizantes nitrogenados (Zhang *et al.*, 2021).

De acuerdo con Desrochers *et al.* (2020) y Thompson *et al.* (2020) los porcentajes de fibras oscilan entre 7,15 y 33,3% de peso seco en especies de sargazo pelágico. En el caso de otras especies

de sargazo no pelágico como: *S. hemiphyllum*, *S. mangarevense* y *S. polycystum* estos valores superaron el 39% en base a peso seco. La presencia de fracciones de fibra insoluble (celulosa y lignina) en el sargazo puede dificultar la biodegradación rápida de su biomasa fresca o seca utilizada como abono. Sin embargo, a largo plazo puede aportar grandes cantidades de carbono orgánico y otros elementos cruciales para la fertilidad del suelo (Kumari *et al.*, 2013; Nabti *et al.*, 2017).

Cenizas

Los altos niveles de cenizas descritos en *Sargassum* spp. son el resultado de su elevada capacidad de absorber elementos minerales del ambiente marino e incorporarlos a sus estructuras celulares en forma de sales inorgánicas (Milledge y Harvey, 2016). Por tanto, el contenido de cenizas de estas macroalgas refleja indirectamente la presencia de cantidades significativas de macroelementos esenciales para el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas terrestres, como: calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg), fósforo (P), fosfatos (PO₄), nitrógeno (N) y nitratos (NO₃) (Desrochers *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 2020). También, han identificado y cuantificado micronutrientes que complementan la nutrición vegetal: zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni) y sodio (Na) (Davis *et al.*, 2020; Milledge *et al.*, 2020). Por estas razones, el uso de la biomasa del sargazo como fertilizante es un método natural y efectivo como solución al problema de la acumulación masiva en las playas y sustituye al empleo excesivo de fertilizantes químicos (McHugh, 2003; Kumari *et al.*, 2013; López *et al.*, 2020).

Proteínas y lípidos

El contenido de proteínas informado por Desrochers *et al.* (2020) y Thompson *et al.* (2020) oscila entre 4,19-15,4% y 5,4-16,9% del peso seco para las especies pelágicas y no pelágicas, respectivamente. Estos valores según Angell *et al.* (2016), son relativamente bajos en comparación con otras especies de macroalgas pardas. Por su parte, Tonon *et al.* (2022) determinaron 18 aminoácidos en el sargazo pelágico, siendo el ácido glutámico, ácido aspártico, leucina, glicina y fenilalanina los más abundantes. En términos generales, los aminoácidos son referidos como bioestimulantes vegetales pues intervienen en procesos metabólicos y fisiológicos importantes durante las distintas fases fenológicas de las plantas cultivadas, así como contribuyen a mitigar los efectos adversos del estrés (Sharma *et al.*, 2014).

Por otra parte, el contenido lipídico del sargazo es bajo, con valores que oscilan entre 1,9-3,8% y 0,3-4,4% en base a peso seco en las especies pelágicas y no pelágicas, respectivamente (Desrochers *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 2020). El perfil lipídico de estas macroalgas indica la presencia ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, siendo estos últimos los más abundantes (Milledge *et al.*, 2020; Tonon *et al.*, 2022). Los ácidos grasos libres extraídos de *Sargassum* spp.

tienen una considerable actividad antimicrobiana contra bacterias, levaduras y hongos patógenos de plantas (Gerasimenko *et al.*, 2014).

Metabolitos secundarios

Entre los metabolitos secundarios que han sido identificados en el sargazo se encuentran flavonoides, saponinas, taninos, compuestos fenólicos, alcaloides y terpenoides. En general, las macroalgas producen como parte de su metabolismo secundario compuestos químicos de origen diverso que pueden actuar en las plantas como agentes antioxidantes, osmoprotectores, antimicrobianos, antivirales, bioestimulantes, potenciadores metabólicos e inductores de respuestas de defensa contra plagas y enfermedades (Desrochers *et al.*, 2020; Ali *et al.*, 2021).

De acuerdo con Nawaim *et al.* (2017), los ácidos fenólicos y los flavonoides extraídos de *Sargassum valgure* mostraron propiedades antifúngicas contra *Fusarium sambucinum* y *F. solani* en plantas de patatas. Por otro lado, la presencia de alcaloides en los extractos algales beneficia la actividad control frente a microorganismos patógenos de plantas (Asimakis *et al.*, 2022), estando involucrados en el sistema de defensa vegetal (Milledge y Harvey, 2016). Además, los florotaninos son compuestos fenólicos presentes exclusivamente en las algas pardas, representando entre el 5-12% de su peso seco y desempeñan un rol importante en la protección química contra la herbívora y como promotores del crecimiento vegetal (Khan *et al.*, 2009; Craigie *et al.*, 2011).

Uso y oportunidades de la biomasa de *Sargassum* spp. para la agricultura

Las especies pelágicas del género *Sargassum* han ganado interés en los últimos años en el sector agroproductivo, debido a las cantidades masivas de biomasa que se acumulan en las costas y a la búsqueda de soluciones sostenibles para su manejo. En este sentido, varios estudios científicos han abordado el empleo del sargazo como fuente de nuevos productos biofertilizantes, bioestimulantes y mejoradores de suelo (McHugh, 2003; Kumari *et al.*, 2013; Roberts *et al.*, 2015; Mukherjee y Patel, 2020). Los fertilizantes son formulaciones (químicas u orgánicas) que proveen elementos nutritivos para las plantas (Thompson *et al.*, 2020). Por otro lado, los bioestimulantes son productos formulados diferentes a los fertilizantes, que incluyen cualquier sustancia de origen biológico o microorganismo aplicados a las plantas con el objetivo de estimular procesos naturales que incrementen el uso eficiente de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y/o los parámetros de calidad de la cosecha; sin importar su contenido de nutrientes (Mukherjee y Patel, 2020). El empleo de diferentes productos obtenidos de la biomasa del sargazo con fines agrícolas ha demostrado promover el crecimiento y desarrollo vegetal, mejorar el rendimiento de la cosecha, la calidad nutricional del producto agrícola y la protección de las plantas (Figura 1).



Figura 1. Representación esquemática de las fases del manejo del *Sargassum* spp. de arribazón desde su cosecha hasta la obtención de distintos productos para uso agrícola, sus formas de aplicación y sus efectos en las respuestas del cultivo y en las propiedades del suelo. Fuente: elaboración de los autores para este manuscrito.

Compost

Esta práctica ha sido común en algunos países, ya que consiste en la utilización y transformación natural de residuos orgánicos en condiciones aeróbicas mediante un proceso bioquímico de oxidación (Sembera *et al.*, 2018; Desrochers *et al.*, 2020). Desde un punto de vista tecnológico, económico y/o medioambiental, el compostaje ha sido considerado como una de las mejores técnicas para utilizar esta biomasa algal con fines agrícolas (Khan *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2014). Entre sus ventajas se encuentran: i) empleo de grandes cantidades de biomasa, reduciendo el volumen durante el proceso, ii) es posible almacenar el compost obtenido y su traslado a zonas alejadas de la costa, iii) se caracteriza por una fitotoxicidad reducida y una materia orgánica estable y iv) no requiere tecnologías costosas ni complejas (Eyras *et al.*, 1998; Michalak y Chojnacka, 2013). Además, posee excelentes propiedades como mejoradores de suelo relacionadas con la aireación, formación de agregados y capacidad de retención de la humedad (Michalak y Chojnacka, 2013; Devault *et al.*, 2021).

Una característica importante de la materia orgánica destinada al compostaje es la relación C:N, ésta influye en el tiempo de compostaje, además, afecta la comunidad de microorganismos descomponedores, la producción acumulada de CO₂ y la calidad del producto final en cuanto al grado de estabilización y concentración de nutrientes disponibles (Michalak y Chojnacka, 2013). De ahí, se recomienda que la materia prima de partida tenga una relación C:N inicial menor que 30. Por lo general, la biomasa de algas tiene una relación C:N relativamente baja, que puede oscilar entre 7

y 23 en el caso del género *Sargassum* de acuerdo al sitio y estación de cosecha (Milledge y Harvey, 2016; Desrochers *et al.*, 2020). Esta baja relación podría provocar una descomposición muy rápida de la biomasa y la pérdida del nitrato a través de la liberación de amoníaco por volatilización. Sin embargo, la mezcla de algas con otros materiales orgánicos de origen vegetal (co-compostaje), podría contrarrestar estos problemas (Han *et al.*, 2014).

En este sentido, investigadores de la Universidad de Texas, mezclaron biomasa de sargazo de arribazón (4%) con residuos de alimentos (48%) y astillas de madera (48%). El compost resultante (19 m³) fue de calidad igual o superior al compost tradicional. El contenido de nutrientes, la relación C:N y la concentración de arsénico cumplía los estándares establecidos para este tipo de productos orgánicos. Este estudio concluyó que el prelavado del sargazo no tenía una influencia directa en la obtención de un compost de calidad (Sembera *et al.*, 2018). Por otro lado, la empresa *AlgaeNova* en República Dominicana, produce compostas con un 60% de sargazo y un 40% de *Leucaena leucocephala* (planta leguminosa de porte arbóreo), con resultados de campo positivos en varios cultivos de importancia en el país (Desrochers *et al.*, 2020). También, varias empresas en Martinica (*Holdex, Idex y Société Martiniquaise des Eaux*) han experimentado el co-compostaje a gran escala del sargazo de arribazón con residuos verdes o bagazo de caña de azúcar. El compost que contiene hasta un 10% de sargazo se comercializa localmente en Martinica (Devault *et al.*, 2021).

Extractos bioactivos

La extracción de compuestos químicamente activos a partir del sargazo ha atraído la atención en los últimos años (Saeid y Chojnacka, 2015; López *et al.*, 2021). Las barreras físicas y químicas del material algal se convierten en los principales inconvenientes del proceso de extracción (Ali *et al.*, 2021). Dependiendo de la solubilidad de las moléculas de interés en agua, o en solventes orgánicos, y el pH específico de las soluciones utilizadas, varios métodos de extracción también pueden ser respaldados por diferentes técnicas de degradación de la pared celular (Saeid y Chojnacka, 2015).

En la literatura se describen procedimientos convencionales que usan como solventes: ácidos, bases o agua destilada, en presencia o no de altas temperaturas. Otros métodos involucran la ruptura celular a bajas temperaturas o tratamiento a altas presiones (Sharma *et al.*, 2014; Michalak y Chojnacka, 2015). Otras técnicas comprenden la extracción en equipos Soxhlet, extracción sólido-líquido o extracción líquido-líquido. Procedimientos más avanzados y novedosos permiten obtener en un tiempo reducido, extractos que contienen moléculas de interés con el mayor rendimiento posible y sin pérdida de su bioactividad. Entre ellos se encuentran la extracción de líquido presurizado, extracción de fluido supercrítico, extracción asistida por ultrasonidos, por enzimas o por microondas (Michalak y Chojnacka, 2015; Mukherjee y Patel, 2020). En general, los extractos de macroalgas obtenidos por métodos basados en agua son los más económicos y eficaces en el

aislamiento de macro y micronutrientes, así como en compuestos hidrosolubles con actividad estimulante del crecimiento vegetal (Michalak y Chojnacka, 2015).

Los extractos pueden ser formulados como un polvo soluble o en varios formatos líquidos, generalmente en un rango de pH 7-10. Según el modo de aplicación, frecuentemente se combinan los extractos de macroalgas con fertilizantes comunes y micronutrientes, lo cual permite aprovechar las propiedades quelantes naturales del extracto para absorber los elementos trazas aplicados (Craigie *et al.*, 2011; Ali *et al.*, 2021). Específicamente, los extractos bioactivos obtenidos del sargazo pueden ser aplicados en invernadero, en campo o *in vitro* de diversas maneras: aspersión foliar, directamente al suelo (drench o fertirrigación), imbibición de semillas o del extremo radicular de las plántulas antes del trasplante (López *et al.*, 2021). Estos extractos han estimulado parámetros morfológicos, fisiológicos y productivos en cultivos de interés agrícola (Kumar *et al.*, 2012; Vijayanand *et al.*, 2014; Sariñana-Aldaco *et al.*, 2021). En varios países de América Central y el Caribe se han elaborado extractos comerciales a partir de la biomasa del sargazo de arribazón como productos naturales alternativos para la agricultura local (Figura 2).

También, los compuestos bioactivos aislados del sargazo, así como extractos enriquecidos en polisacáridos sulfatados, podrían emplearse para estimular procesos morfogénicos en Biotecnología vegetal. Por ejemplo, los florotaninos poseen efectos positivos en el cultivo de tejidos vegetales, tales como: incremento en la formación de brotes, inducción de raíces, proliferación de brotes axilares y reducción de la hiperhidratación (Teixeira *et al.*, 2013). Otro estudio evaluó el efecto del floroglucinol (tipo de florotanino) sobre el enraizamiento y aclimatación *in vitro* de brotes de papaya obtenidos mediante embriogénesis somática. El floroglucinol (79 μM) en combinación con ácido indol-3-butírico (9,8- μM) promovió el 100% del enraizamiento (elongación y ramificación de las raíces) y la mayor actividad fotosintética en comparación con el control. Esto facilitó una elevada tasa de supervivencia de las plantas tratadas (96,5%) en condiciones de aclimatación *ex vitro* (Pérez *et al.*, 2016).

Igualmente, se desarrolló un protocolo eficiente de regeneración *in vitro* para el tomate a partir de explantes foliares utilizando reguladores de crecimiento vegetal, elicitores orgánicos, poliaminas y extractos de macroalgas. El extracto de *Sargassum wightii* indujo el enraizamiento de los brotes, lo cual pudo estar relacionado con la presencia en su composición de hormonas vegetales como ácido 1-naftalenacético (NAA) e isopenteniladenina (tipo de citoquinina). Este hecho representa una alternativa económica y efectiva al uso de reguladores del crecimiento sintéticos empleados frecuentemente en el cultivo *in vitro* de plantas de interés económico (Vinoth *et al.*, 2019). También, se ha utilizado la encapsulación en alginato de sodio de propágulos vegetativos derivados del cultivo *in vitro*, con la finalidad de producir semillas sintéticas o artificiales para la micropropagación de plantas cultivadas. La cubierta de alginato protege los micropropágulos no embriogénicos,

permitiendo la conservación del germoplasma vegetal y el intercambio de material axénico entre laboratorios. Esta tecnología representa una alternativa al uso de embriones somáticos, la cual se caracteriza por su rentabilidad y facilidad de manejo, transporte y cultivo (Hatzilazarou *et al.*, 2021). Otras aplicaciones de los alginatos en combinación con nanopartículas han estado dirigidas a la creación de biopelículas para prolongar la vida útil en anaquel de frutos que se consumen en fresco como la papaya y el tomate (Piña-Barrera *et al.*, 2021; Martínez *et al.*, 2022).



Figura 2. Ejemplos de extractos para uso agrícola obtenidos del sargazo de arribazón y comercializados por distintas empresas del Caribe. A: *Algas Organics* (Santa Lucía), B: *Red Diamond Compost* (Barbados), C: *Sargasso Organics* (Barbados), D y E: *Dianco* (México), F: *Alquimar* (México), G-I: *Salgax* (México) y J: *C-Combinator* (México). Fuente: elaboración de los autores para este manuscrito.

Abonos orgánicos

La aplicación directa de la biomasa fresca o seca del sargazo al suelo o la preparación de harina y polvo a partir de ésta, son prácticas comunes en el empleo de este recurso marino como abono orgánico (Ali *et al.*, 2021). Entre las ventajas de su aplicación destacan: la liberación lenta del nitrógeno en comparación con los fertilizantes orgánicos de granja y su inocuidad al no transferir semillas de malezas al campo agrícola (Desrochers *et al.*, 2020). También, aportan beneficios en la fertilidad del suelo, tales como: i) estimula la actividad de los microorganismos beneficiosos, aumentando la disponibilidad de nutrientes en el suelo para las plantas y creando un entorno favorable para el desarrollo radicular; (ii) mejora la compactación, aireación, capacidad de retención de agua y textura del suelo, debido a las propiedades físico-químicas de los alginatos y al aporte de materia orgánica; (iii) provee de macro y micronutrientes que suelen ser deficientes en el ciclo del cultivo como resultado de la lixiviación y la erosión del suelo (McHugh, 2003; Khan *et al.*, 2009; Kumari *et al.*, 2013; Thompson *et al.*, 2020).

Williams y Feagin (2010) describieron una respuesta positiva en plantas de dunas ante la presencia de un suelo enriquecido con sargazo de arribazón. En este estudio, el sargazo sin lavar resultó ser el más eficaz para aumentar el crecimiento y el desarrollo general de las plantas. La aplicación de la biomasa en su estado crudo promovió la máxima absorción de los nutrientes solubles esenciales de las macroalgas, que de otro modo se lixiviarían del alga cuando se lavaba. En otro estudio, la aplicación de *Sargassum johnstonii* como enmienda al suelo aumentó significativamente su composición orgánica y los niveles de minerales esenciales (Na, Mg, K, Ca y Zn) en más de 100 veces, respecto al grupo con ausencia de sargazo. También, mejoró la retención de humedad y la estructura del suelo. Estas condiciones modificadas del suelo favorecieron el crecimiento vegetativo y promovieron la floración y fructificación tempranas de las plantas de tomate en comparación con las plantas no tratadas con el alga (Kumari *et al.*, 2013).

Por otro lado, Oyesiku y Egunyomi (2014) recomendaron el uso del sargazo pelágico como fertilizante tras obtener una buena relación porcentual de N-P-K equivalente a 1-10-3. Sin embargo, indicaron que es necesario añadir estiércol de gallina o de vaca para mejorar los niveles de nutrientes disponibles para la absorción radicular de las plantas. También, Veira y López (2016) aplicaron en forma de mantillo, una capa de sargazo (10 t ha^{-1}) cuatro semanas después de la siembra de papas, resultando en un mejor crecimiento y rendimiento del cultivo respecto a las plantas control. Finalmente, los efluentes recuperados de la transformación en biogás del sargazo en un sistema anaerobio demostraron ser excelentes fuentes de nutrientes inorgánicos. En este estudio se comprobó que incluso considerando el bajo contenido de N ($6.3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), P ($96.5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) y K ($28 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) de los efluentes, el *Sargassum* superó el aporte de estos nutrientes al suelo en comparación con el fertilizante inorgánico (Louime *et al.*, 2017). Este resultado sugiere que la biomasa del sargazo

aporta formas de rápida asimilación por las plantas y que se pueden ir liberando lentamente a partir de su descomposición.

Biocarbón

El biocarbón (del inglés, *Biochar*), es un biomaterial sólido enriquecido en carbono que se genera de la combustión de materiales orgánicos de origen vegetal mediante un proceso denominado pirólisis lenta. Este proceso ocurre en condiciones de altas temperaturas (~ 400 °C) y ausencia total o parcial de oxígeno (Milledge y Harvey, 2016). La mayoría del biocarbón se produce a partir de materias primas lignocelulósicas terrestres, el cual se distingue por presentar un alto contenido de carbono (superior al 70%) pero un bajo valor nutritivo. En cambio, el biocarbón obtenido en los últimos años a partir de las macroalgas marinas, ha demostrado tener un bajo contenido de carbono, pero poseen altos niveles de nutrientes o cationes intercambiables como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} (Roberts *et al.* 2015; Desrochers *et al.*, 2020). Por tanto, una alternativa promisorio con fines agrícolas sería la mezcla de biocarbón procedente de algas y de materiales lignocelulósicos, resultando en un producto con características mejoradas y de mayores beneficios para el suelo y los cultivos (Bird *et al.*, 2011).

El uso del biocarbón como enmienda puede mejorar la productividad de las plantas y las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo; unido a su capacidad para secuestrar carbono a largo plazo y, por tanto, mitigar el cambio climático (Bird *et al.*, 2011; Roberts *et al.* 2015; Milledge y Harvey, 2016; Ranguin *et al.*, 2021). También, se ha señalado que el uso del biocarbón estimula mecanismos de defensa en las plantas frente al ataque de organismos patógenos (Elad *et al.*, 2010).

En este sentido, Roberts *et al.* (2015) emplearon diferentes especies de macroalgas marinas (incluida *Sargassum sp.*) como materia prima para la obtención de biocarbón. El estudio concluyó que, aunque algunas propiedades del biocarbón producido varían según la especie y el sitio de cosecha, todas las biomásas algales producían grandes cantidades de biocarbón rico en oligoelementos esenciales (N, P y K) y cationes intercambiables (particularmente K^{+}). Además, el pH del biocarbón algal osciló entre 7-11, lo que permite aplicaciones de amplio espectro en diversos tipos de suelos agrícolas. También, el estudio determinó que el producto final posee una relación C:N relativamente baja, lo cual indica un aporte significativo de N y P biodisponibles para la nutrición vegetal.

Otro estudio evaluó el potencial del biocarbón y el carbón activado procedente de *S. fluitans* y *S. natans* para reducir la disponibilidad ambiental de la clordecona en suelos contaminados. La clordecona es un compuesto organoclorado utilizado por la industria agrícola como plaguicida y

fungicida. Como resultado, los autores describieron que los productos derivados del sargazo pelágico tienen una capacidad diferente para secuestrar significativamente la clordecona en suelos contaminados y, en particular, el biocarbón elaborado con un tiempo de pirólisis de 3 horas, exhibió la mayor porosidad y fue considerado el mejor candidato para secuestrar eficientemente este agroquímico (Ranguin *et al.*, 2021). Sin embargo, uno de los principales inconvenientes es el alto contenido de sodio intercambiable en el biocarbón de algas, que podría aumentar la salinidad del suelo a largo plazo (Desrochers *et al.*, 2020).

Posibles limitaciones de su aplicación

A pesar de los beneficios que posee el uso del sargazo de arribazón para el sistema planta-suelo, existen consideraciones importantes que podrían limitar su empleo en la producción agrícola, las cuales se relacionan a continuación:

Bioacumulación de metales pesados: Las macroalgas en general poseen una elevada capacidad para acumular en su biomasa elementos trazas como metales pesados y otros contaminantes provenientes del ambiente marino. Este hecho se debe a la composición de polisacáridos aniónicos en su pared celular, los cuales poseen una alta capacidad de intercambio iónico (Michalak y Chojnacka, 2013; Milledge y Harvey, 2016). Se ha comprobado la presencia de metales de transición en la biomasa del sargazo de arribazón, tales como: As, Pb, Hg, Se, Cr y Cd (Davis *et al.*, 2020; Desrochers *et al.*, 2020; Milledge *et al.*, 2020; Tonon *et al.*, 2022). Además, un total de 63 muestras de sargazo recogidas desde agosto de 2018 a junio de 2019 en ocho localidades de la costa del Caribe mexicano, mostraron valores superiores a la concentración máxima permitida de arsénico (22 ppm) en los suelos agrícolas mexicanos (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2020). Por ende, la aplicación sostenida de la biomasa algal podría aumentar el contenido de estos contaminantes y tener efectos nocivos en las plantas (Nabti *et al.*, 2017). Sin embargo, pocos estudios han dilucidado las formas químicas predominantes de estos metales en el sargazo pelágico, la cual es determinante en su potencial tóxico. Por ejemplo, el arsénico inorgánico es altamente tóxico para las plantas en comparación con su forma orgánica. Contrariamente, las formas inorgánicas de mercurio son menos nocivas que sus formas metiladas (Desrochers *et al.*, 2020). De ahí, la necesidad de monitorear de forma rutinaria la presencia/concentración de estos elementos químicos en la biomasa del sargazo antes de su aplicación (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2020). Además, se pueden obtener extractos bioactivos o compuestos químicos aislados de interés agrícola a partir de la biomasa algal, como alternativa para reducir el riesgo de estos contaminantes en la agricultura (Sariñana-Aldaco *et al.*, 2021).

Alto contenido de sales minerales: La aplicación frecuente o excesiva del *Sargassum* en el suelo agrícola podría contribuir al desarrollo de la salinidad y generar un estrés osmótico en las plantas

(Thompson *et al.*, 2020), lo cual estaría condicionado por las propiedades físico-químicas del suelo. Sin embargo, el procesamiento postcosecha de la biomasa algal podría reducir tal problemática mediante acciones como: i) lavado abundante antes de su aplicación con agua corriente, combinando diferentes tiempos y temperaturas de lavado, ii) exposición a la lluvia tras su recogida de la costa, iii) tratamiento con lechada o agua de cal para remover el exceso de sal en la superficie algal y luego enjuagues con agua corriente, iv) pausas intermitentes en su aplicación al suelo, permitiendo que los períodos de lixiviación por lluvias reduzcan el contenido de sales y/o v) obtención de subfracciones enriquecidas o preparaciones purificadas de extractos de algas en lugar de usar extractos crudos o la biomasa entera (Michalak y Chojnacka, 2013; Magnusson *et al.*, 2016; Louime *et al.*, 2017). Otras alternativas serían mezclar el proceso de compostaje del sargazo de arribazón con el de otras materias primas, aplicarlo como fertilizante o abono en el cultivo de plantas tolerantes a la alcalinidad o utilizarlo durante un periodo de tiempo que no sea crítico para el crecimiento de las plantas (Eyras *et al.*, 1998; Williams y Feagin, 2010; Michalak y Chojnacka, 2013).

Descomposición anaeróbica de la biomasa: Se ha demostrado que la descomposición en condiciones anoxigénicas de compuestos orgánicos sulfurados de las algas marinas conduce a la producción de sulfuros, los cuales producen un olor desagradable y pueden ser perjudiciales para el agroecosistema (Louime *et al.*, 2017). La oxidación microbiana de estos sulfuros a sulfato aumenta las concentraciones de protones en los suelos y, en efecto, puede generar una acidificación del suelo (Nabti *et al.*, 2017). En este sentido, una práctica común es el compostaje de la biomasa fresca acompañado de volteos periódicos de las pilas para airear y reducir la producción de compuestos sulfúricos tóxicos (McHugh, 2003; Michalak y Chojnacka, 2013).

Presencia de compuestos orgánicos complejos para la degradación microbiana: El sargazo posee en su composición química moléculas orgánicas únicas y complejas como alginatos, fucoidanos, laminarina y florotaninos, las cuales están ausentes en las plantas terrestres (Milledge y Harvey, 2016; Desrochers *et al.*, 2020). Por ende, la incorporación de su biomasa fresca o seca al suelo, expondría a la comunidad microbiana edáfica la presencia de compuestos nuevos y posiblemente menos degradables que los encontrados en los materiales vegetales (Kumari *et al.*, 2013; Nabti *et al.*, 2017). Este hecho podría estar relacionado con la ausencia en los microorganismos del suelo de actividades enzimáticas específicas conocidas como alginato liasas, las cuales degradan los alginatos a sus unidades monoméricas por ruptura de los enlaces glicosídicos (Barzkar *et al.*, 2022). El empleo de técnicas de fraccionamiento molecular (depolymerización) como tratamiento postcosecha de la biomasa algal, permitiría la transformación de estos polisacáridos complejos a sus oligosacáridos o monosacáridos estructurales, los cuales serían más propensos a una degradación rápida en condiciones naturales (Tonon *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Las especies pelágicas del género *Sargassum* representan un recurso abundante y disponible en zonas costeras del Atlántico Norte, y especialmente en el Caribe mexicano, debido a la acumulación masiva de su biomasa en determinadas épocas del año. Una solución potencial para el manejo de esta biomasa es la posibilidad de emplearla como materia prima en la obtención de bioproductos para la agricultura local. Estos podrían aplicarse como solución al suelo y/o sustrato, aspersión foliar, imbibición de semillas, solución hidropónica, compost, biocarbón o una combinación de ellos. Este hecho se sustenta en la presencia de compuestos bioactivos resultantes del metabolismo primario o secundario como polisacáridos sulfatados, aminoácidos esenciales, ácidos grasos, macro y micronutrientes, reguladores del crecimiento vegetal, compuestos fenólicos y vitaminas.

Por tanto, la biomasa del sargazo de arribazón representa una alternativa promisoriosa para la obtención de formulaciones biodegradables, no tóxicas y no contaminantes para el agro-ecosistema. Su empleo en los cultivos podría potenciar la germinación de las semillas y vigor de las plántulas, estimular el crecimiento y desarrollo vegetal, mejorar la fertilidad del suelo, así como promover mecanismos de defensa a situaciones de estrés biótico y abiótico.

Por último, los resultados científicos analizados en este trabajo demuestran que las industrias agrícolas y de gestión de residuos pueden utilizar el sargazo pelágico como fuente de productos efectivos para el desarrollo de la horticultura y agricultura en las comunidades costeras; al tiempo que contribuye a manejar sosteniblemente este recurso marino que impacta la economía y los ecosistemas de la región. No obstante, deben desarrollarse investigaciones futuras que profundicen en las posibles beneficios y alternativas de su empleo como insumo para el sector agroproductivo.

REFERENCIAS

- Ali, O., Ramsubhag, A., Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10(3): 531.
- Angell A., Mata L., de Nys R., Paul N. (2016). The protein content of seaweeds: A universal nitrogen to-protein conversion factor of five. *Journal of Applied Phycology*, 28(1): 511-524.
- Asimakis E., Shehata A., Eisenreich W., Acheuk F., Lasram S., Basiouni S., Emekci M., Ntougias S., Taner G., May-Simera H. (2022). Algae and Their Metabolites as Potential Bio-Pesticides. *Microorganisms*, 10(307): 1-23.
- Barzkar N., Sheng R., Sohail M., Jahromi S., Babich O., Sukhikh S., Nahavandi R. (2022). Alginate Lyases from Marine Bacteria: An Enzyme Ocean for Sustainable Future. *Molecules*, 27(11): 3375.

- Bird M., Wurster C., de Paula Silva P., Bass A., de Nys R. (2011). Algal biochar– production and properties. *Bioresource Technology*, 102(2): 1886-91.
- Castillo A., Dreckmann K. (1995). Composición Taxonómica de las Arribazones algales en el Caribe Mexicano. *Cryptogamie Algologie*, 16(2): 115-123.
- Chávez V., Uribe-Martínez A., Cuevas E., Rosa E., Rodríguez-Martínez R., Van Tussenbroek B., Francisco V., Estévez M., Celis L., Monroy-Velázquez L., Leal-Bautista R., Álvarez-Filip L., García-Sánchez M., Masia L., Silva R. (2020). Massive Influx of Pelagic *Sargassum* spp. on the Coasts of the Mexican Caribbean 2014–2020: Challenges and Opportunities. *Water*, 12(2908): 1-24.
- Craigie J. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 371-393.
- Davis D., Simister R., Campbell S., Marston M., Bose S., McQueen-Mason S., Tonon T. (2020). Biomass composition of the golden tide pelagic seaweeds *Sargassum fluitans* and *S. natans* (morphotypes I and VIII) to inform valorisation pathways. *Science of the Total Environment*, 762: 143134.
- Davis T., Volesky B., Vieira R. (2000). *Sargassum* seaweed as biosorbent for heavy metals. *Water Research*, 34: 4270-4278.
- Desrochers A., Cox S., Oxenford H., van Tussenbroek B. (2020). *Sargassum* Uses Guide: A Resource for Caribbean Researchers, Entrepreneurs and Policy Makers; Centre for Resource Management and Environmental Studies (CERMES), University of the West Indies, Cave Hill Campus: Bridgetown, Barbados. 172pp.
- Devault D., Pierre R., Marfaing H., Dolique F., Lopez P. (2021). *Sargassum* contamination and consequences for downstream uses: a review. *Journal of Applied Phycology*, 33(1): 567-602.
- Elad Y., David D., Harel Y., Borenshtein M., Kalifa H., Silber A., Graber E. (2010). Induction of systemic resistance in plants by biochar, a soil-applied carbon sequestering agent. *Phytopathology*, 100(9): 913-21.
- Eyras M., Rostagno C., Defossé G. (1998). Biological evaluation of seaweed composting. *Compost Science & Utilization*, 6(4): 74-81.
- García A., Rodríguez J., García-González Y., Fernández Y. (2021). *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon (Ochrophyta: Phaeophyceae), Nueva Adición para la Ficoflora de Venezuela. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 33: 287-292.
- Han W., Clarke W., Pratt S. (2014). Composting of waste algae: a review. *Waste Management*, 34(7): 1148-1155.
- Hatzilazarou S., Kostas S., Nendou T., Economou A. (2021). Conservation, regeneration and genetic stability of regenerants from alginate-encapsulated shoot explants of *Gardenia jasminoides* Ellis. *Polymers*, 13(10): 1666.
- Jung K., Lim S., Kim Y., Park J. (2013). Potentials of macroalgae as feedstocks for biorefinery. *Bioresource Technology*, 135: 182-190.

- Khan W., Rayirath U., Subramanian S., Jithesh M., Rayorath P., Hodges D., Prithiviraj B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4): 386-399.
- Kumar N., Vanlalzarzova B., Sridhar S., Baluswami M. (2012). Effect of liquid seaweed fertilizer of *Sargassum wightii* Grev. on the growth and biochemical content of green gram (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek). *Recent Research in Science and Technology*, 4(4): 40-45.
- Kumari R., Kaur I., Bhatnagar A. (2013). Enhancing soil health and productivity of *Lycopersicon esculentum* Mill. using *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner as a soil conditioner and fertilizer. *Journal of Applied Phycology*, 25(4): 1225-1235.
- López J., Celis L., Estévez M., Chávez V., Van Tussenbroek B., Uribe-Martínez A., Silva R. (2021). Commercial potential of pelagic *Sargassum* spp. in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 8(768470): 1-16.
- Louime C., Fortune J., Gervais G. (2017). *Sargassum* invasion of coastal environments: a growing concern. *American Journal of Environmental Sciences*, 13(1): 58-64.
- Magnusson M., Carl C., Mata L., de Nys R., Paul N. (2016). Seaweed salt from *Ulva*: A novel first step in a cascading biorefinery model. *Algal Research*, 16: 308-316.
- Martínez E., Archila M., Pelegrín Y., Hidalgo M., Miceli F., Chacón S. (2022). Recubrimientos a base de alginato de sodio extraído de *Sargassum fluitans* y nanopartículas de plata para prolongar la vida de anaquel de papaya (*Carica papaya* L.). *Biotecnia*, 24(3): 159-168.
- McHugh D. (2003). A guide to the seaweed industry. *FAO Fisheries Technical Paper No. 441*.
- Michalak I., Chojnacka K. (2013). Algal compost-toward sustainable fertilization, *Review in Inorganic Chemistry*, 161.
- Michalak I., Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2): 160-176.
- Milledge J., Harvey P. (2016). Golden tides: problem or golden opportunity? The valorisation of *Sargassum* from beach inundations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(3): 60.
- Milledge J., Maneein S., López E., Bartlett D. (2020). *Sargassum* Inundations in Turks and Caicos: Methane potential and proximate, ultimate, lipid, amino acid, metal and metalloid analyses. *Energies*, 13(6): 1523.
- Torres, E.G., Martínez-Daranas, B. (2019). Lista de especies de las arribazones de macrofitobentos en cinco playas de Habana del Este, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 39(1): 39-49.
- Mukherjee A., Patel J. (2020). Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1): 553-558.
- Nabti E., Jha B., Hartmann A. (2017). Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14: 1119-1134.
- Nawaim A., Aydi Ben Abdallah R., Jabnoun-Khiareddine H., Nefzi A., Safa R., Daami-Remadi M. (2017). *Sargassum vulgare* extracts as an alternative to chemical fungicide for the management of *fusarium* dry rot in potato. *Journal of Agricultural Science and Food Research*, 8: 197.

- Oyesiku O., Egunyomi A. (2014). Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *Sargassum fluitans* (Borgessen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 13(10): 1188-1193.
- Pérez L., Montesinos Y., Olmedo J., Rodríguez R., Sánchez R., Montenegro O., Gómez-Kosky R. (2016). Effect of phloroglucinol on rooting and in vitro acclimatization of papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol Roja). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 52(2): 196-203.
- Piña-Barrera A., Ramírez M., Álvarez R., Báez J., Amaya-Guerra C., Galindo S. (2021). Recubrimiento comestible a base de alginato en combinación con eugenol nanoencapsulado y su efecto conservador en la vida útil de jitomate (*Solanum lycopersicum*). *Biotecnica*, 23(3): 133-141.
- Ranguin R., Delannoy M., Yacou C., Jean-Marius C., Feidt C., Rychen G., Gaspard, S. (2021). Biochar and activated carbons preparation from invasive algae *Sargassum* spp. for Chlordecone availability reduction in contaminated soils. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(105280): 1-9.
- Roberts D., Paul N., Dworjanyn S., Bird M., de Nys R. (2015). Biochar from commercially cultivated seaweed for soil amelioration. *Scientific Reports*, 5(1): 1-6.
- Rodríguez-Martínez R., Roy P., Torrescano-Valle N., Cabanillas-Terán N., Carrillo-Domínguez S., Collado-Vides L., García-Sánchez M., van Tussenbroek B. (2020). Element concentrations in pelagic *Sargassum* along the Mexican Caribbean coast in 2018–2019. *PeerJ*, 8: e8667.
- Saeid A., Chojnacka K. (2015). Algae biomass as a raw material for production of algal extracts. In: Kim S., Chojnacka K. (eds). *Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. pp: 179-188.
- Sariñana-Aldaco O., Benavides-Mendoza A., Juárez-Maldonado A., Robledo-Olivo A., Rodríguez-Jasso R., Preciado-Rangel P., Gonzalez-Morales S. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8(2): e2814.
- Sempera J., Meier E., Waliczek T. (2018). Composting as an alternative management strategy for *Sargassum* drifts on coastlines. *Horticulture Technology*, 28(1): 80-84.
- Sharma H. S., Fleming C., Selby C., Rao J. R., Martin T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26: 465-490.
- Smetacek V., Zingone A. (2013). Green and golden seaweed tides on the rise. *Perspective. Nature*, 504: 84-88.
- Teixeira da Silva J., Dobránszki J., Ross S. (2013). Phloroglucinol in plant tissue culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 49(1): 1-16.

- Thompson T., Young B., Baroutian S. (2020). Pelagic *Sargassum* for energy and fertiliser production in the Caribbean: A case study on Barbados. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118(109564): 1-12.
- Tonon T., Machado C., Webber M., Webber D., Smith J., Pilsbury A., Cicéron F., Herrera-Rodríguez L., Jiménez E., Suárez J. (2022). Biochemical and Elemental Composition of Pelagic *Sargassum* Biomass Harvested across the Caribbean. *Phycology*, 2: 204-215.
- Veira A., Lopez F. (2016). Potential for use of *Sargassum* mulch in sweet potato production. Caribbean Food Crops Society, 52nd Annual Meeting, Le Gosier, Guadeloupe, (10 July 2016).
- Vijayanand N., Ramya S., Rathinavel S. (2014). Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 3(2): 150-155.
- Vinoth S., Gurusaravanan P., Sivakumar S., Jayabalan N. (2019). Influence of seaweed extracts and plant growth regulators on in vitro regeneration of *Lycopersicon esculentum* from leaf explant. *Journal of Applied Phycology*, 31(3): 2039-2052.
- Wang M., Hul C., Barnes B., Mitchum G., Lapointe B., Montoya J. (2019). The great Atlantic *Sargassum* belt. *Science*, 365: 83-87.
- Williams A., Feagin R. (2010). *Sargassum* as a natural solution to enhance dune plant growth. *Environmental Management*, 46(5): 738-47.
- Wynne M. (2017). A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: Fourth revision. *Nova Hedwigia Beihefte*, 116: 1-202.
- Zhang H., Song L., Chen X., Li P. (2021). An Exploration of Seaweed Polysaccharides Stimulating Denitrifying Bacteria for Safer Nitrate Removal. *Molecules*, 26(3390): 1-13.



Firma

XI Online 2022



Estado actual de la población de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), en la bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela

Current status of the population of the starfish *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), in the bay of Mochima, Sucre state, Venezuela

Ángel R. Fariña P.¹, Pedro Bruzual²,
Diego Navarro², Manuel Rey-Méndez³

¹Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias, Departamento de Biología, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

²Unidad Educativa Colegio San Lázaro, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

³Departamento de Bioquímica y Biología Molecular/Instituto de Acuicultura. Facultad de Biología-CIBUS, Universidad de Santiago de Compostela, 15782-Santiago de Compostela (A Coruña, España).

Ángel R. Fariña P.   afarina46@yahoo.com

RESUMEN | *Oreaster reticulatus* es la estrella de mar de mayor tamaño en el Caribe. Sus poblaciones naturales se han visto amenazadas debido a actividad antrópica. Para conocer el estado actual de esta especie en la bahía de Mochima, Venezuela, se realizaron recorridos en buceo libre a lo largo de toda la zona somera de la bahía y censos visuales sobre transectos de 50x3 m en las áreas de mayor ocurrencia. Los resultados arrojan una distribución restringida a la zona más interna de la bahía, con una densidad promedio de 1,22 ind/150 m². Estos resultados son mucho menores a los obtenidos hace poco más de 20 años en la zona y señalan que esta especie se encuentra localmente amenazada. Se destaca, además, la ausencia de individuos juveniles durante los muestreos. A tal respecto, se plantea la necesidad de una medida de protección para esta estrella de mar, que incluya prohibición de su extracción y manipulación.

Palabras clave |

Equinodermata ,
Asteroidea ,
amenaza,
ecología,
Echinaster

ABSTRACT | *Oreaster reticulatus* is the largest starfish in the Caribbean. Their natural populations have been threatened due to anthropic activity. To know the current status of this species in the bay of Mochima, Venezuela, free diving surveys were carried out throughout the shallow area of the bay and visual censuses on transects of 50x3 m in the areas of greatest occurrence. The results show a distribution restricted to the innermost area of the bay, with an average density of 1.22 ind/150 m². These results are much lower than those obtained just over 20 years ago in the area and indicate that this species is locally threatened. It also highlights the absence of juvenile individuals during sampling. In this regard, there is a need for a protective action for this starfish, including a ban on its extraction and handling.

Keywords |

Echinodermata,
Asteroidea,
threat,
ecology,
Echinaster

INTRODUCCIÓN

La estrella de mar *Oreaster reticulatus*, es uno de los animales más conspicuos en praderas de hierbas marinas del Caribe y en fondos de sustratos diversos cercanos a ellas, como lechos arenosos y areno-fangosos (Lodeiros *et al.*, 2013). Esta especie y las estrellas, en general, revisten importancia ecológica ya que se encargan de regular las poblaciones de otros invertebrados marinos, manteniendo el equilibrio en los ecosistemas (Paine, 1966; Walls, 1982; Hickman *et al.*, 2006). Debido a su tamaño y colorido, las estrellas resultan particularmente atractivas para quien visita los espacios marinos donde habitan. En ciertas zonas son objeto de extracción indiscriminada, para ser exhibidas como adorno en las casas y para el comercio local asociado a actividades turísticas. De allí que, en algunos países, las densidades poblacionales han disminuido considerablemente, por lo que se ha catalogado a *O. reticulatus* como una especie amenazada (Myers y Ottensmeyer, 2005; Gurjão y Lotufo, 2018). La bahía de Mochima es un espacio natural de intensa actividad turística donde se ha registrado la presencia de *O. reticulatus* (Martin *et al.*, 2001; Lodeiros *et al.*, 2013); pero no hay estudios actuales que permitan evaluar el estado de su población. Tampoco existe información sobre si el tipo de sustrato marca diferencias en cuanto a la densidad y el tamaño de las estrellas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron salidas previas de reconocimiento mediante buceo en snorkel, a fin de establecer las áreas de la bahía ocupadas por *O. reticulatus*. Con base en esta información, se establecieron 3 estaciones de estudio. En cada una de ellas se efectuaron visitas durante los meses de marzo, abril y mayo de 2022 (Fig. 1).

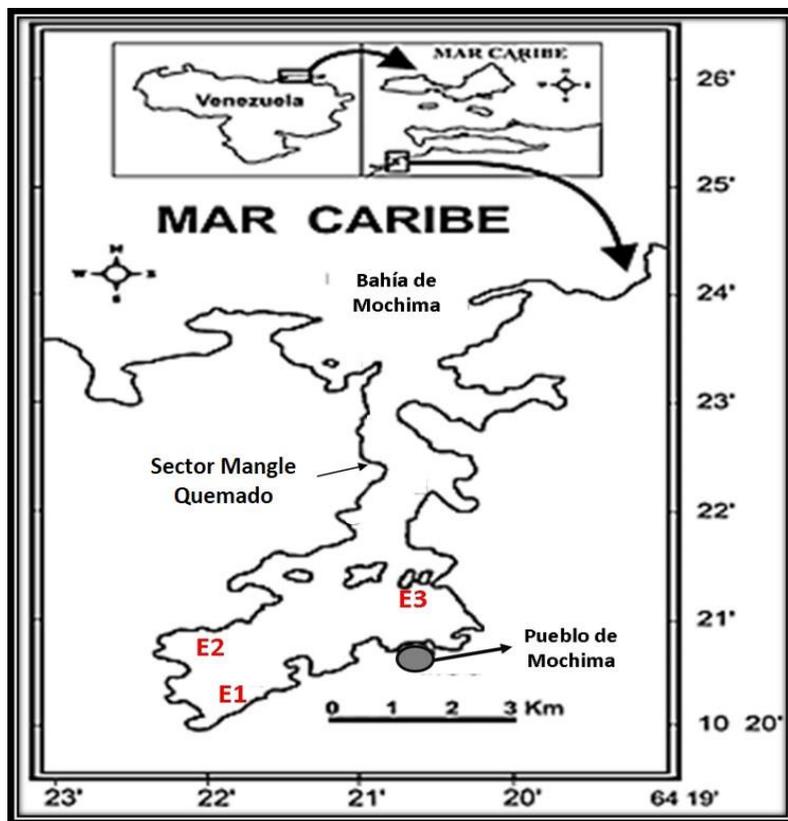


Figura 1. Localización geográfica de las estaciones de muestreo en la bahía de Mochima.

La toma de datos se realizó mediante censos visuales sobre 4 transectos de 50 x 3 m (150 m²), dos sobre praderas densas de *Thalassia testudinum* y dos sobre fondos areno-fangosos con brotes dispersos de *Thalassia*. Como un aporte adicional, para evaluar posibles relaciones de competencia se determinó también la abundancia de *Echinaster echinophorus* (Lamarck, 1816), otra estrella común en estos espacios. A cada estrella se le midió *in situ* el diámetro desde la parte centro dorsal del disco hasta el extremo del brazo más largo. Para determinar posibles diferencias en términos de la abundancia de cada especie de estrella respecto a las estaciones de muestreo y al tipo de sustrato, se realizaron análisis de varianzas con base en permutaciones (PERMANOVA), siguiendo un diseño de dos factores: estación de muestreo y sustrato. Adicionalmente, se efectuó un análisis de correlaciones con las abundancias de ambas especies, para evaluar posibles procesos de competencia.

RESULTADOS

Sólo en las zonas más internas de la bahía se evidenció la presencia de *O. reticulatus*, siendo la densidad del sector Mangle Quemado muy baja, por lo que se descartó para el estudio detallado de densidad y distribución de tallas (Figura 2).

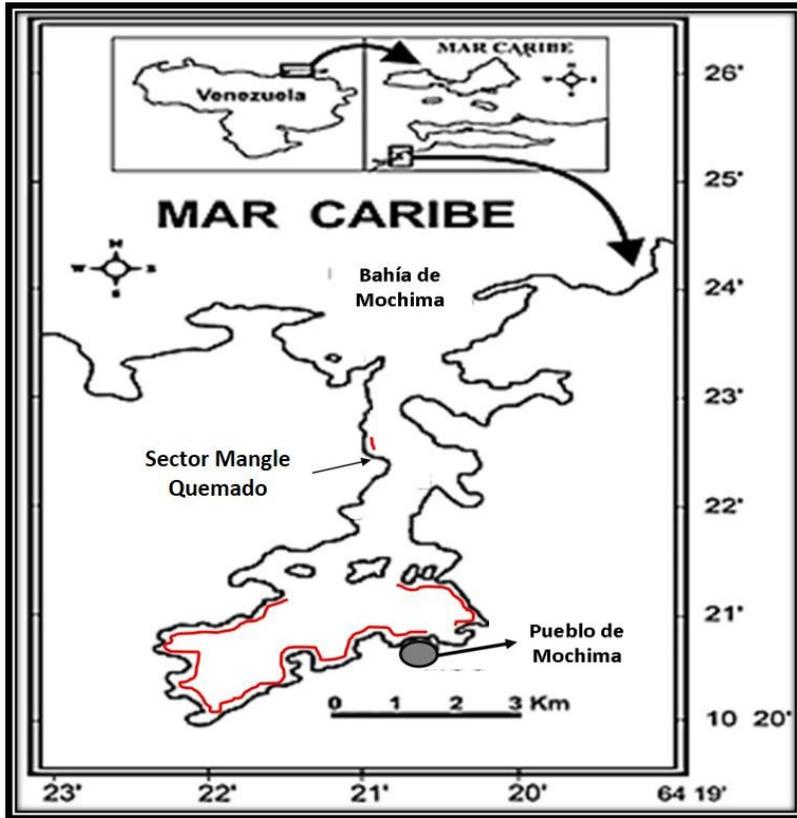


Figura 2. Ubicación geográfica de los sectores de la bahía de Mochima con presencia de la estrella de mar *Oreaster reticulatus*. Se resaltan en rojo aquellos espacios donde se constató la presencia de la especie.

En total, se contabilizaron 45 ejemplares de *O. reticulatus* y 50 ejemplares de *E. echinophorus*. La densidad general promedio de *O. reticulatus* fue de 1,22 ind/150 m², con valores que oscilaron entre 0 y 4 ind/150 m²; mientras que *E. echinophorus*, se encontró con una abundancia entre 0 y 6 ind/150 m², con una media de 1,35 ind/150 m². Las tallas (como radio) de *O. reticulatus* se

presentaron en un intervalo de 12 cm a 22 cm, con un promedio de 16,83 cm. En el caso de *E. echinophorus*, una especie de menor tamaño, las tallas se ubicaron entre 1,7 cm y 6 cm, para una media de 3,91 cm. La Figura 3 muestra una tendencia al incremento en la densidad de estrellas de *O. reticulatus* desde la estación 1 a la estación 3. A pesar de ello, el análisis permanova realizado con este propósito arrojó que no existen diferencias significativas entre las estaciones respecto a la densidad de la especie mencionada ($P\text{-perm} = 0,2914$) ni entre el tipo de sustrato ($P\text{-perm} = 0,1429$). Para *E. echinophorus*, como era de esperarse por su ausencia en la estación 3, el análisis permanova sí arrojó diferencias significativas entre las estaciones de muestreo respecto a la densidad de esta especie ($P\text{-perm} = 0,0022$) pero no hubo diferencias entre sustratos ($P\text{-perm} = 0,1821$).

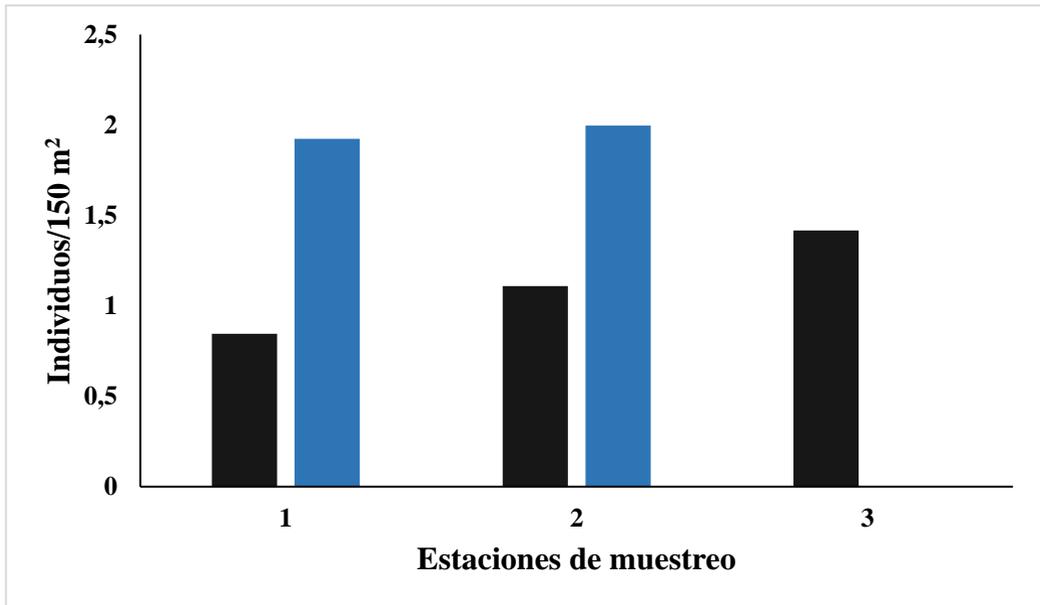


Figura 3. Densidad promedio de individuos por estación de muestreo para las especies *O. reticulatus* (color negro) y *E. echinophorus* (color azul).

Se encontraron diferencias entre las estaciones de muestreo con relación a las tallas de las estrellas de *O. reticulatus* ($P\text{-perm} = 0,0001$). Las comparaciones pareadas, muestran un grupo homogéneo constituido entre las estaciones 1 y 2 (Tabla 1), por lo que las diferencias están determinadas debido a un menor tamaño de ejemplares en la estación 3 (14,5 cm de valor medio en la E3, contra 16,27 cm y 19,51 en E1 y E2, respectivamente) (Fig. 4).

Tabla 1. Resultado del análisis permanova con comparaciones pareadas, para evaluar posibles diferencias entre las estaciones de muestreo con base en el radio de los individuos de *O. reticulatus*.

Estaciones	t	P(perm)	Permutaciones
1, 2	0,33307	0,7413	9807
1, 3	3,5666	0,002	9272
2, 3	4,5796	0,0004	7314

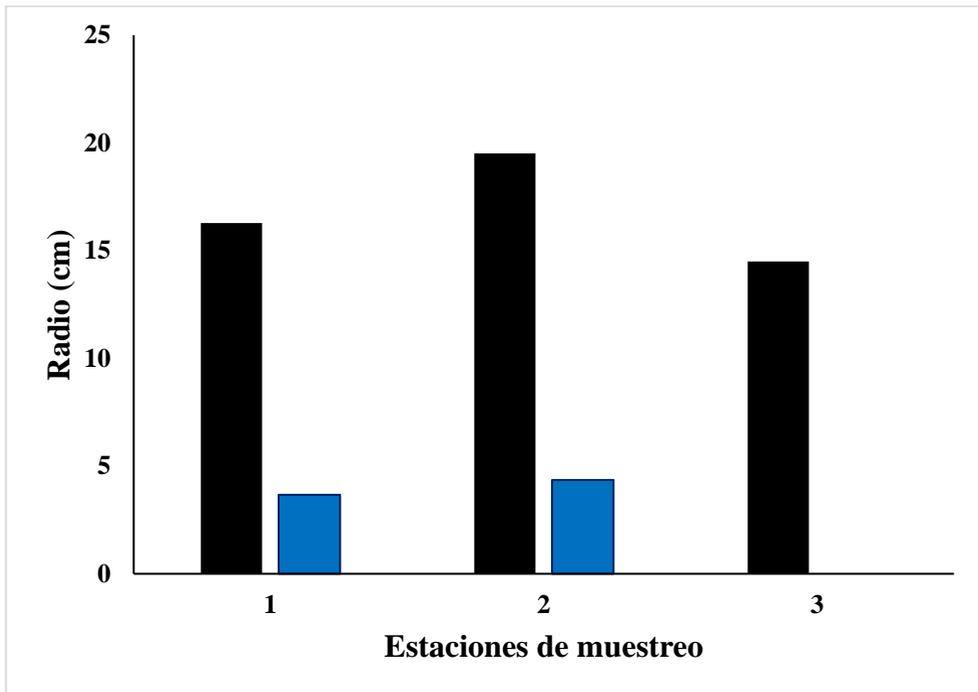


Figura 4. Radio promedio de los individuos por estación de muestreo para las especies *O. reticulatus* (color negro) y *E. echinophorus* (color azul).

Cuando la variable independiente fue el tipo de sustrato, el permanova también mostró diferencias significativas respecto al radio de los individuos para la especie *O. reticulatus* (Tabla 2). Los individuos de mayor talla se ubicaron en el sustrato donde la pradera de *T. testudinum* fue más densa (Fig. 5). La interacción sustrato-estación de muestreo no fue significativa (P-perm = 0,3445).

Tabla 2. Resultado del análisis permanova para evaluar diferencias entre las estaciones de muestreo y entre tipos de sustratos, con base en el radio de los individuos de *O. reticulatus*.

Fuente	gl	SC	MC	Pseudo-F	P(perm)	Permutaciones
Estaciones	2	181,99	90,994	38,027	0,0001	9953
Sustrato	1	23,153	23,153	9,6757	0,0042	9834
Es x Su	2	2,6969	1,3484	0,56352	0,5737	9954
Res	39	93,322	2,3929			
Total	44	335,69				

gl: grados de libertad (n-1); SC: Suma de cuadrados; Medias de cuadrados

Para *E. echinophorus*, el análisis permanova arrojó igualmente diferencias entre las dos estaciones de muestreo donde fue avistada esta especie, respecto a los radios de los ejemplares evaluados y respecto al sustrato (Tabla 3, Fig. 5).

Tabla 3. Resultado del análisis permanova para evaluar posibles diferencias entre las estaciones de muestreo y entre los dos tipos de sustratos, con base en el radio de los individuos de *E. echinophorus*.

Fuente	gl	SC	MC	Pseudo-F	P(perm)	Permutaciones
Estaciones	1	5,9788	5,9788	10,028	0,0025	9856
Sustrato	1	8,1635	8,1635	13,693	0,0003	9825
Es x Su	1	0,5581	0,5581	0,93614	0,3445	9854
Res	46	27,425	0,5962			
Total	49	47,168				

gl: grados de libertad (n-1); SC: Suma de cuadrados; Medias de cuadrados

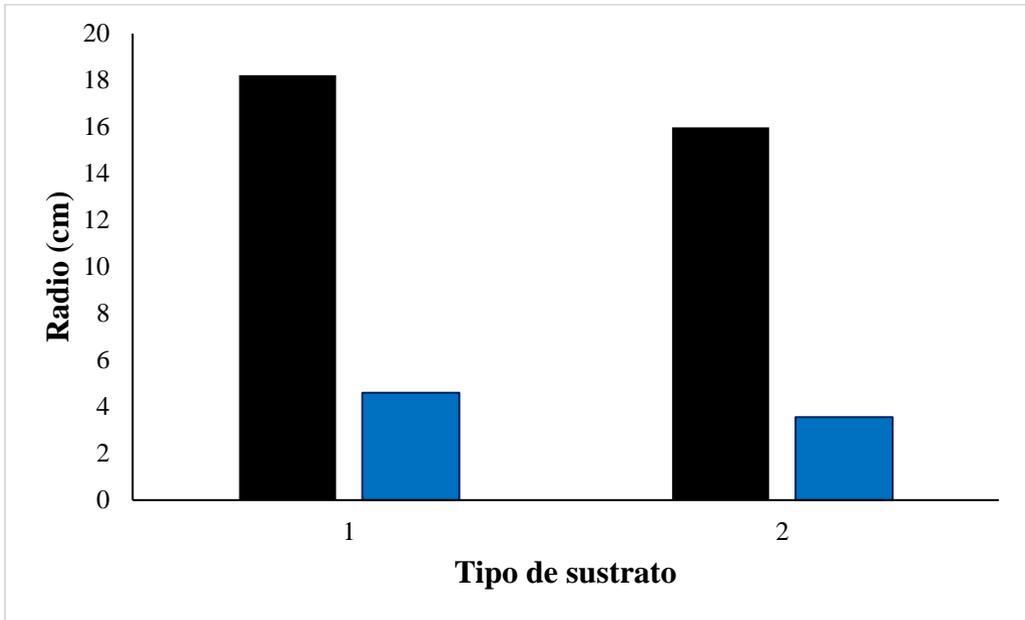


Figura 5. Radio promedio de los individuos por tipo de sustrato, para las especies *O. reticulatus* (color negro) y *E. echinophorus* (color azul). 1 = Pradera densa de *T. testudinum*, 2 = Fondo areno-fangoso con parches dispersos de *T. testudinum*.

El análisis de correlaciones para las abundancias de *O. reticulatus* con las de *E. echinophorus*, a fin de detectar posibles fenómenos de competencia y/o cooperación, no mostró valores significativos (Valor P = 0,3924).

DISCUSIÓN

Los resultados, en términos de la distribución total de estrellas de mar en la bahía de Mochima, muestran una localización de estos organismos muy restringida, particularmente en la zona más interna y cercana al pueblo de Mochima, Esta es la zona con mayor impacto humano debido a la concentración de viviendas, así como por el hecho de ser el principal sitio de encuentro y llegada de turistas. Hace unos 3 años hubo un desbordamiento de la laguna de oxidación y las aguas servidas afectaron a los diferentes ecosistemas alrededor del pueblo (Fariña, 2019). Dicha laguna tiene cianobacterias y cianotoxinas muy importantes como contaminantes, y para 2018 ya se había dado una señal de alerta sobre su inadecuado funcionamiento y el peligro que representaba (Rivera, 2018).

La densidad promedio de estrellas de *O. reticulatus* observada en este trabajo fue de 1,2 individuos cada 150 m², lo cual es equivalente a 0,08 ind/m². Tal resultado contrasta de manera importante con el último registro de 0,2 ind/m² aportado por Martín *et al.* (2001). En poco más de 20 años, la reducción en el número de estrellas es alarmante. Los autores mencionados destacan a la localidad de Mochima por ser varios órdenes de magnitud mayor comparada con dos sectores del Parque Nacional Morrocoy donde ellos también trabajaron, otorgando a Mochima un alto valor como sitio de hábitat predilecto para esta especie. Para la zona de Nueva Esparta, específicamente en la isla de Cubagua, Tagliafico *et al.* (2012), encuentran una densidad promedio de *O. reticulatus* de 0,017 ind/m² e indican que esta densidad es baja e igualmente alarmante. Los investigadores mencionados señalan que se desconoce si estas variaciones en términos de densidad son producto de extracción o a causas naturales, ya que no existen datos sobre zonas de pesca ni sobre las capturas.

En el caso de Mochima, resulta difícil establecer la razón de este descenso en la densidad de estrellas comparado con los registros previos. No obstante, se pueden inferir como posibles causas a afectaciones humanas producto de la extracción indiscriminada o por manipulación inadecuada en la actividad turística. *Oreaster reticulatus* era muy común en todo el Caribe y en los últimos años ha pasado a ser considerada incluso rara en muchas zonas (Hendler *et al.* 1995). En países como Colombia (Benavides *et al.*, 2005) y Brasil (Amaral *et al.*, 2008; Machado *et al.*, 2008) ha sido decretada en la categoría de amenazada, atribuyendo a los procesos de sobrepesca destinada al comercio como la principal causa en la disminución de sus poblaciones. En tal sentido, aunque en Venezuela no existen datos al respecto, debido al importante descenso poblacional urge una medida que prohíba su extracción y su manipulación, a menos que sea con fines científicos debidamente justificados. Otras causas probables pueden ser las cianotoxinas registradas por Rivera (2018) en la laguna de oxidación u otros elementos contaminantes en la misma, que pudieran haber pasado al hábitat de las estrellas durante el evento denunciado por Fariña (2019), así como las modificaciones del hábitat que se generaron señaladas por este investigador. Por otra parte, eventos propios de las comunidades, relacionados con procesos de competencia, depredación, reclutamiento, entre otros, que no han sido evaluados, también pueden afectar el tamaño de una población en la naturaleza.

Los resultados encontrados para *E. echinophorus* constituyen un aporte significativo, ya que no se hallaron registros previos en términos de distribución espacial y densidad publicados para esta especie en el país. El análisis de correlaciones realizado para determinar si *E. echinophorus* influía de alguna manera en la abundancia y distribución de *O. reticulatus*, no mostró valores significativos, por lo que se suponen mecanismos de interacción entre ambas que no implican desplazamiento de una especie por otra ni exclusión competitiva.

Respecto a la distribución de tallas de *O. reticulatus*, destaca que no hubo estrellas menores a 12 cm. La talla mínima de madurez sexual para esta especie se ha determinado en unos 7 cm, de acuerdo

con Guzmán y Guevara (2002), además de presentar diferencias importantes respecto al color entre juveniles y adultos (Kaplan, 1988). Los juveniles suelen ser verdes, mientras que los adultos son amarillos, naranjas y/o color canela a rojizo. En tal sentido, destaca en forma preocupante la ausencia de juveniles en los sectores evaluados de la bahía de Mochima. En otras localidades del país, Tagliafico *et al.* (2012), en la isla de Cubagua, registran un 33% de los ejemplares de esta especie como juveniles y un 67% como adultos, para una talla promedio de $10,7 \pm 5$ cm y un intervalo entre 2,2 y 21 cm. En Mochima, se encontraron individuos entre 12 cm a 22 cm, con un promedio de 16,83 cm. Estas diferencias también son marcadas cuando se compara con lo encontrado en el parque Nacional Morrocoy, donde las tallas medias registradas fueron de 6,15 cm (Zuliani *et al.*, 2007).

La ausencia de juveniles en los transectos que se evaluaron en Mochima, pudiera estar reflejando dos posibles fenómenos: primero, que las estrellas no se estén reproduciendo actualmente en la zona, algo que pondría en riesgo mayor la supervivencia de la población a futuro, ya que la tasa de mortalidad superaría la tasa de natalidad, conllevando a un crecimiento poblacional negativo; o en segundo lugar, que las estrellas estén reclutando y criándose en otros espacios de la bahía que no fueron evaluados. A tal respecto, Tagliafico *et al.* (2012) destacan que, en la isla de Cubagua, los individuos juveniles parecieran tender a estar agrupados y preferir fondos donde la pradera de *Thalassia* es densa, de manera que pueden camuflarse mejor de los depredadores debido a su coloración. Es posible que en la bahía de Mochima, existan zonas donde se concentren los juveniles y que no hayan sido observadas en los muestreos realizados. No obstante, tanto en los recorridos, como en los transectos, se incluyeron áreas en las cuales la pradera de *Thalassia* fue densa y no se observaron estrellas juveniles.

La ausencia de diferencias entre los tipos de sustratos respecto a la densidad de ambas especies de estrellas, encontrada en los análisis permanova, indica una utilización por igual tanto del sector con pradera densa de *Thalassia* como de aquel con parches dispersos y sustrato areno fangoso. Esto contradice lo encontrado por Tagliafico *et al.* (2012) en la isla de Cubagua, quienes hallaron una clara predilección de los individuos adultos por los fondos arenosos mientras que los ejemplares juveniles predominan en la *Thalassia* densa. Los autores mencionados, registraron 36 estrellas *O. reticulatus* en sustratos donde principalmente había praderas de *Thalassia*, de los cuales 34 presentaban tallas inferiores a los 7 cm. Igualmente, para otras zonas del Caribe, Scheibling y Metaxas (2010) hallaron resultados diferentes a los de Mochima, señalando una clara diferencia entre las distribuciones de adultos y juveniles de *O. reticulatus*, prefiriendo los más adultos las áreas poco densas de la citada hierba marina.

El análisis permanova para diferenciar las estaciones de muestreo respecto a las densidades de estrellas indicó diferencias significativas con relación a las densidades de *E. echinophorus* pero no con las de *O. reticulatus*. Esto se debe fundamentalmente a la ausencia total de *E. echinophorus* en

la estación 3, El Pozo. Tales resultados implican que, aunque la presencia de una especie no parece influir en la ocurrencia o no de la otra, el uso del espacio sí resultó distinto entre ambas, implicando relaciones más complejas que ameritan estudios posteriores. Características no definidas hasta ahora, pudieran no resultar propicias para que *E. echinophorus* se localice en esta zona específica de la parte interna de la bahía, aunque no se pueden descartar aspectos de movilidad y dinámica de esta población que hayan repercutido en los resultados encontrados. Otro elemento a considerar es que esta especie tiene alto interés en acuarofilia (Gurjão y Lotufo, 2018), por lo que su ausencia pudiera también deberse a extracción intensiva, ya que es la estación más cercana al pueblo y con más fácil acceso.

La estación 3 pareciera ser a todas luces distinta a las otras dos estudiadas, a pesar de que los sustratos evaluados fueron similares. Esto se corrobora con el hecho de que entre las estaciones 1 y 2 no se encontraron diferencias significativas respecto a las tallas de los ejemplares de *O. reticulatus*, pero ambas fueron distintas a la estación 3, en la cual se encontraron las estrellas más pequeñas a pesar de ser igualmente adultas. Es decir, los animales más longevos se ubicaron en las estaciones 1 y 2. Estudios posteriores, evaluando diferencias respecto al tipo de alimento consumido en las tres estaciones, así como otras variables ambientales y biológicas, pudieran ayudar a dilucidar este singular resultado.

CONCLUSIONES

Los resultados indican una marcada reducción en la población de estrellas de mar *O. reticulatus* en la bahía de Mochima, tanto en términos de distribución como en abundancia.

La disminución poblacional de *O. reticulatus* en la bahía de Mochima indica la necesidad de medidas urgentes de protección para esta especie.

La presencia de otra estrella de mar, *E. echinophorus*, no parece haber afectado la distribución ni la abundancia de *O. reticulatus*.

Las diferencias entre zonas de la porción más interna de la bahía, respecto a las tallas de *O. reticulatus* y a la no presencia de *E. echinophorus*, apoyan la hipótesis alternativa de partida para este trabajo, y sugieren que esta área no es tan homogénea como se pudiera pensar, ameritando nuevas hipótesis e investigaciones.

La ausencia de diferencias entre los tipos de sustrato lleva a rechazar la hipótesis alternativa de este proyecto e indica una misma predilección de las dos especies estudiadas por fondos con praderas densas de *Thalassia* y por fondos areno-fangosos con parches dispersos de esta hierba marina.

Esta investigación demuestra la importancia de los monitoreos regulares de biota, particularmente en las áreas marinas protegidas, a fin de atacar a tiempo los problemas y garantizar la preservación de los recursos acuáticos.

REFERENCIAS

- Amaral A., Volkmer-Ribero C., Mansur M., Santos S., Avelar W., Matthews-Cascon H., Leite F., Melo G., Coelho P., Buckup G., Buckup L., Ventura C., Tiago C. (2008). A situação de ameaça dos invertebrados aquáticos no Brasil, p. 156-165. In A. Machado, G. Drummond & A. Paglia (eds.). Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Brasília, Brasil.
- Benavides M., Borrero G., Solano O., Navas G. 2005. Listado taxonómico de los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de la plataforma y el talud superior del Caribe colombiano. *Rev. Biol. Trop.*, 53: 171-194.
- Fariña A. 2019. Afectación de los ecosistemas aledaños a la laguna de oxidación en el pueblo de Mochima. Denuncia y reporte gráfico. Disponible en: https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=pfbid02Niog3LYwvmUZ8qonSm8ZRF5yRXegjzKC4hPYiZm6q7vaGpMDJDGQ8FV5wZ8GBHwl&id=1113739459.
- Gurjão L. M., Lotufo M. C. 2018. Native species exploited by marine aquarium trade in Brazil. *Biota Neotropica*, 18(3): e20170387. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-038>
- Guzmán H, Guevara C. 2002. Annual reproductive cycle, spatial distribution, abundance, and size structure of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) in Bocas del Toro, Panamá. *Mar. Biol.*, 141: 1077-1084.
- Hendler G., Miller J. E., Pawson D. L., Kier P.M. 1995. *Sea Stars, Sea Urchins, and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution, Washington, D.C., U.S.A.
- Hickman C. P., Roberts Jr. Larson L. S., L'Anson A. H., Emsenhour D. J. 2006. *Principios integrales de Zoología*. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid. 1022 pp.
- Kaplan E. 1988. *The Peterson Field Guide Series: A Field Guide to Southeastern and Caribbean Seashores: Cape Hatteras to the Gulf Coast, Florida, and the Caribbean*. Houghton Mifflin, Boston, U.S.A.
- Lodeiros C., Martín A., Francisco V., Noriega N., Díaz Y., Reyes J., Aguilera O., Alió J. 2013. Echinoderms from Venezuela: Scientific Recount, Diversity and Distribution. Chapter 7 (pp.235-276) En: Alvarado J.J., Solís-Marín F.A. (Eds.) *Echinoderm Research and Diversity in Latin America*. Springer Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233390670_Echinoderms_from_Venezuela
- Machado A., Drummond G., Paglia A. 2008. Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Vol.2. Fundação Biodiversitas, Brasília, Brasil.

- Martín A., Penchaszadeh P., Atienza D. 2001. Densidad y hábitos alimentarios de *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) (Echinodermata, Asteroidea) en praderas de fanerógamas marinas de Venezuela. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 17: 203-208.
- Myers R., Ottensmeyer A. 2005. Extinction risk in marine species, p. 58-79. In E. Norse y L. Crowder (eds.). Marine conservation Biology, the science of maintaining the sea's biodiversity. Marine Conservation Biology Institute, Island, Washington, U.S.A.
- Paine R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. American Naturalist 100:65-75.
http://www.csun.edu/~msteele/classes/marine_ecology/readings/Paine_1966.pdf
- Rivera C. 2019. Cianobacterias y cianotoxinas presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Mochima, estado Sucre. Tesis de pregrado, Lic. en Biología, UCV, Caracas, Venezuela. 78 p.
- Tagliafico A., Rangel M. S., Rago N. 2012. Distribución, densidad y estructura de talla de *Oreaster reticulatus* y *Luidia senegalensis* (Echinodermata: Asteroidea) en isla de Cubagua, Venezuela. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744), 60(3): 1149-1159.
- Walls J. G. 1982. Encyclopedia of Marine Invertebrates. TFH Publications. pp. 681-68.
- Zuliani L., DeVeer J., Antich C., Marín S. 2007. Estudio de la densidad de *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) en la localidad de Las Luisas (Parque Nacional Morrocoy, Estado Falcón). VII Congreso Venezolano de Ecología, Guayana, Venezuela.



Composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador

Composition and abundance of clams of the genera *Protothaca* and *Chione* in an intertidal zone of the Chone river estuary, Manabi, Ecuador.

Alan García-Bermúdez^{1*}, Eulalia Ibarra Mayorga²
Rodolfo Patricio Panta Vélez³, Luis Manuel Treviño Zambrano¹,
Jorge Enrique Vélez Falcones¹

¹Grupo de investigación en Biología y cultivo de Moluscos, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador,

²Grupo de Investigación en Nutrición, Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador,

³Grupo de investigación en Grupo de biodiversidad y ecología de sistemas acuáticos, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Alan García-Bermúdez   alan.garcia@utm.edu.ec

RESUMEN | El estuario del río Chone dispone de poblaciones de almejas con potencial económico. En este estudio se evaluó la composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal de dicho estuario en un área de 20.000 m². Las muestras se recolectaron quincenalmente coincidiendo con los periodos de marea más bajas (aguajes), entre mayo y noviembre 2009, utilizando un diseño de muestreo al azar con una cuadrata de 1,0 m². Adicionalmente, se determinó la temperatura, salinidad, pH y el oxígeno disuelto del agua. Se obtuvo una muestra de 2859 almejas, entre las cuales se identificó una especie, *Chione subrugosa* con 749 ejemplares (26,2%) y cinco especies del género *Protothaca*, del cual 586 ejemplares correspondieron a *P. aspérrima* (20,50%). La población de *C. subrugosa* presentó un promedio de 28,25 ± 0,27 mm (15 – 39 mm Lt) con peso total promedio de 12,32 ± 0,30 g. Por su parte, *P. aspérrima* mostró un promedio de 32,82 ± 0,38 mm Lt (15 – 45 mm Lt) con peso total promedio de 15,89 ± 0,44 g. La relación entre el peso total (PT) y la longitud total (Lt) para la *C. subrugosa* fue $Pt = 0,004 Lt^{2,333}$ ($r^2 = 0,765$), y para *P. aspérrima* $Pt = 0,008 Lt^{2,161}$ ($r^2 = 0,716$). La biomasa total estimada de *C. subrugosa* fue de 11,43 ± 0,37

Palabras clave |
Bivalvia,
composición,
abundancia,
aguajes,
biomasa.

g/m^2 y la densidad promedio de $3,06 \pm 0,33$ organismos/ m^2 , mientras que para *P. asperrima*, la biomasa total promedio fue de $14,52 \pm 0,58$ g/m^2 y la densidad promedio de $2,53 \pm 0,33$ organismos/ m^2 . Se observaron diferencias significativas en densidad entre meses.

ABSTRACT | The Chone River estuary has populations of clams with economic potential. In this study, the composition and abundance of clams of the genera *Protothaca* and *Chione* were evaluated in an intertidal zone of said estuary in an area of 20.000 m^2 . Samples were collected biweekly, coinciding with the lowest tide periods (aguajes), between May and November 2009, using a random sampling design with a 1 m^2 quadrat. Additionally, the temperature, salinity, pH, and dissolved oxygen of the water were determined. A sample of 2859 clams was obtained, among which one species was identified as *Chione subrugosa* with 749 specimens (26.2%) and five species of the genus *Protothaca*, of which 586 specimens corresponded to *P. asperrima* (20.50%). The *C. subrugosa* population presented an average size of 28.25 ± 0.27 mm Lt (15 – 39 mm) with an average total weight of 12.32 ± 0.30 g. For its part, *P. asperrima* showed average size of 32.82 ± 0.38 mm Lt (15 – 45 mm) with an average total weight of 15.89 ± 0.44 g. The relationship between total weight (Pt) and total length (Lt) for *C. subrugosa* was $\text{Pt} = 0.004 \text{ Lt}^{2.333}$ ($r^2 = 0.765$), and for *P. asperrima*, $\text{Pt} = 0.008 \text{ Lt}^{2.161}$ ($r^2 = 0.716$). The estimated total biomass of *C. subrugosa* was 11.43 ± 0.37 g/m^2 and average density of 3.06 ± 0.33 organisms/ m^2 , while for *P. asperrima*, the average total biomass was 14.52 ± 0.58 g/m^2 and the average density of 2.53 ± 0.33 organisms/ m^2 . There were significant differences in density among months.

Keywords |
Composition
abundance
high tide,
biomass

INTRODUCCIÓN

El estuario del río Chone, al encontrarse ubicado en un área costera tropical, presenta diversidad y abundancia de especies de peces, crustáceos y moluscos, siendo esto un recurso importante para la pesca artesanal y convirtiéndose en un sustento para los habitantes de la zona (FAO, 2007).

Las almejas, en general, se encuentran en lugares protegidos y poco profundos, como bahías, estuarios y desembocaduras de los ríos, en zonas intermareales con fondo de arena y grava o algo fangoso para algunas especies (Bautista, 1989).

Las especies de almejas tienen una amplia distribución en los diferentes océanos del mundo, desde el Atlántico americano, Caribe, mares europeos, Pacífico. Existen muchas especies de bivalvos, particularmente en los trópicos, aunque uno de los problemas para su manejo es el desconocimiento de la biología de muchas de ellas (Quayle, 1989).

Las almejas son un grupo de bivalvos importantes desde el punto de vista acuícola que ofrece amplias e interesantes perspectivas. Diversas especies de almejas tienen interés comercial y presentan una amplia distribución mundial, entre las que cabe destacar a *Tapes decussatum* “almeja fina”, *T. pollastra* “almeja babosa”, *T. semidecussatum* “almeja semifina”, *Mercenaria mercenaria* “almeja dura” o *Mya arenaria* “almeja blanda” (Bautista, 1989). Las almejas de la familia Veneridae, son consideradas el grupo de bivalvos en el cual las conchas han alcanzado el mejor y más ajustado balance anatómico y fisiológico, con una gran eficiencia hidrodinámica, representando quizás el más alto logro en la evolución de los bivalvos por su belleza tanto en su forma como en color (Cohen ,2006).

Considerando que el estuario del río Chone dispone de poblaciones de almejas con potencial económico, tanto para su extracción pesquera como para su cultivo, en el presente estudio se evaluó la composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal de dicho estuario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

El área de estudio fue una zona intermareal con una extensión de 500 m de largo por 40 m de ancho (20.000 m²), localizada frente a la Facultad de Acuicultura y Ciencias Marinas de la Universidad Técnica de Manabí en Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador, al borde del estuario del río Chone (0° 37' 12" S, 80° 25' 23" W).

Campo

Se realizaron muestreos previos para la identificación taxonómica de las especies de almeja según lo que establecen los datos bibliográficos de Keen, (1971).

Se realizó un muestreo piloto el que permitió obtener información básica respecto a la varianza (s^2), densidad media en número de individuos (\bar{x}) y así estimar el tipo de distribución de los organismos. Efectuado este análisis se determinó el mínimo de muestra (n) acorde con la ecuación para poblaciones de número de integrantes no definido:

$$n = \frac{k^2 * p * q}{d^2}$$

Donde n es el número de individuos a recolectar; k es el valor del área bajo la curva de distribución normal (Z) con probabilidad de error (0,05), en este caso 1,96; p es la proporción esperada y $q = 1 - p$; d es el nivel de precisión deseado.

La recolección de las muestras se la realizó quincenalmente, coincidiendo con los periodos de agujajes, entre los meses de mayo y noviembre 2009. Cada quincena, se hizo una salida de campo haciendo que esto coincida con el día de mínima marea. Los muestreos se realizaron en las zonas supralitoral y mesolitoral (intermareal) de acuerdo con la zonación natural de los organismos en el área de estudio. Se llevaron a cabo siempre durante el día, de acuerdo con las fechas y horas de la bajamar según las tablas de predicción de mareas del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (Inocar, 2009).

El área de estudio tuvo una extensión de 500 m de largo por 40 m de ancho (20.000 m²), y la misma que se dividió en 4 sectores de 125 m paralelos a la línea de costa por 40 m perpendicular a la misma. Cada sector se subdividió en 10 cuadrantes de 20 m por 25 m, de los cuales se obtuvo 5 muestras en forma aleatoria con la ayuda de una cuadrata de 1 m², extrayendo las almejas del sedimento con una pala y colocadas en un balde. Posteriormente los organismos fueron trasladados al laboratorio para su respectivo análisis biométrico.

RESULTADOS

Se recolectó un total de 2.859 individuos, obteniendo 749 organismos identificados como *Chione subrugosa* correspondiendo al 26,2% y 1861 ejemplares del género *Protothaca*. De estos últimos, *P. asperrima* fue la especie más abundante con 586 ejemplares (20,5 %), mientras que otras 4 especies, *P. grata*, *P. columbiensis*, *P. staminea* y *P. semigrata*, representaron 1276 individuos (44,6%). Otras especies encontradas en menor proporción, fueron: *Macoma grandis*, con 99 ejemplares (3,5 %) y 149 mejillones (5,2 %) (Fig. 1).

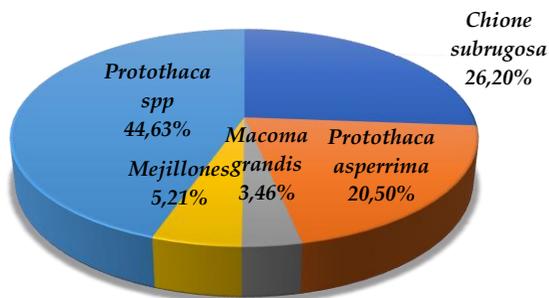


Figura 1. Composición y abundancia de almejas

Análisis poblacional

De la muestra de ejemplares de *C. subrugosa*, se estimó la talla promedio en $28,25 \pm 0,27$ mm de longitud total, $22,80 \pm 0,24$ mm de ancho y $14,65 \pm 0,17$ mm de alto; con peso total promedio de $12,32 \pm 0,30$ g; peso de carne promedio de $1,31 \pm 0,06$ g y el peso promedio de las valvas $8,99 \pm 0,26$ g (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de la biometría de la almeja *Chione subrugosa* en el estuario del río Chone, de mayo a noviembre 2009.

Estadística Descriptiva	Talla (mm)			Peso (g)		
	Longitud total	Ancho	Alto	Total	Carne	Valva
Promedio (X ± 2 SE)	28,25 ± 0,27	22,80 ± 0,24	14,65 ± 0,17	12,32 ± 0,30	1,31 ± 0,06	8,99 ± 0,26
Moda	30,00	24,00	15,00	14,80	1,00	8,11
Mediana	29,00	23,00	15,00	12,23	1,11	9,01
Desviación estándar	3,76	3,34	2,33	4,07	0,78	3,53
Varianza	1,41	1,12	0,54	16,56	0,61	12,49
Mínimo	15,00	10,00	8,00	2,68	0,20	1,06
Máximo	39,00	31,00	21,00	28,50	7,20	23,12

De la muestra de *P. aspérrima* se estimó la talla promedio en $32,82 \pm 0,38$ mm de longitud total; $27,83 \pm 0,36$ mm de ancho y $17,29 \pm 0,25$ mm de alto; con peso total promedio de $15,89 \pm 0,44$ g, peso de carne promedio de $2,31 \pm 0,09$ g y el peso promedio de las valvas $10,30 \pm 0,32$ g (Tabla 2).

Tabla 2. Estadística descriptiva de la biometría de la almeja *Protothaca aspérrima* en el estuario del río Chone, de mayo a noviembre del 2009

Estadística Descriptiva	Talla (mm)			Peso (g)		
	Longitud Total	Ancho	Alto	Total	Carne	Valva
Promedio (X ± 2 SE)	32,82 ± 0,38	27,83 ± 0,36	17,29 ± 0,25	15,89 ± 0,44	2,31 ± 0,09	10,30 ± 0,32
Moda	35,00	32,00	20,00	22,00	2,00	8,10
Mediana	33,00	28,00	17,00	15,40	2,17	10,01
Desviación estándar	4,56	4,40	3,06	5,37	1,08	3,84
Varianza	2,08	1,94	0,94	28,84	1,17	14,75
Mínimo	15,00	12,00	9,00	3,60	0,52	1,66
Máximo	45,00	40,00	27,00	36,90	9,00	24,70

DISCUSIÓN

La abundancia y talla de las poblaciones de *C. subrugosa* y *P. aspérrima* estuvo influenciada por factores ambientales y antropogénicos. En particular la extracción almejera por parte de recolectores de moluscos que inciden tanto en la densidad como en la talla promedio de la población. Esto ha podido provocar la disminución de las densidades desde ~ 21 ind m² hasta 10 ind m², incluyendo la ausencia de individuos en la zona superior del gradiente intermareal en los sitios explotados, ya que en la zona superior de la región intermareal se agotaron las almejas, por lo que la extracción se ubica en las zonas media e inferior. En estas últimas, las densidades estimadas fueron 15 y 14 ind m², respectivamente.

La similitud en la densidad de organismos con el gradiente de profundidad contrasta con lo observado por Keen y Coan (1974) y Ávila-Serrano et al. (2006), quienes encuentran un aumento en la densidad de las almejas con la profundidad del sustrato.

CONCLUSIONES

En el área de estudio se presenta una especie del género *Chione* (*Chione subrugosa*) y cinco especies del género *Protothaca* (*Protothaca grata*, *Protothaca columbiensis*, *Protothaca staminea* y *Protothaca semigrata*); en mayor abundancia *Protothaca aspérrima*, distribuidas a lo largo de la franja rocosa – arenosa, la cual es explorada por comuneros de la zona. Por lo que se estimó conveniente analizar las dos más poblaciones de almejas con mayor interés comercial.

De un total de 2.859 individuos muestreados, se obtuvieron 749 ejemplares de *Chione subrugosa*, correspondiendo al 26,20 % y 586 organismos de *Protothaca aspérrima* con un 20,50 %; 99 individuos de *Macoma grandis* representaron un 3,46 %; 149 Mejillones un 5,21 % y 1276 individuos para *Protothaca* spp. con un 44,63 %.

Los 749 ejemplares de *Chione subrugosa*, se observaron en un intervalo de tallas de 15 mm a 39 mm Lt, con mayor abundancia en el intervalo 29 mm a 31 mm. Las tallas de las 586 almejas de *Protothaca aspérrima* estuvieron comprendidas entre 15 mm a 45 mm Lt, con mayor abundancia entre 35 mm a 37 mm.

En la zona de estudio, las especies de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* viven enterradas en parches discontinuos del sustrato en la zona intermareal, a una profundidad de 5 a 10 cm, formando densas agregaciones cohabitando entre ellas. Estas especies se encuentran expuestas al régimen semidiurno de mareas presente en la zona, razón por la cual permanecen sumergidas por cortos períodos de tiempo.

Se observó amplia variabilidad de la densidad de estas especies de almejas en la zona de estudio, que puede reflejar cambios en la dinámica de estos recursos, pero también es un reflejo de la actividad pesquera que sobre ellos se ejerce.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Manabí, extensión Sucre, y al grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, por su apoyo a esta investigación.

REFERENCIAS

- Ávila-Serrano, G.E., K.W. Flessa, M.A. Téllez-Duarte, Cintra-Buenrostro C.E. 2006. Distribución de la macrofauna intermareal del Delta del Río Colorado, norte del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.*, 32(4):649-661.
- Bautista C. 1989. Moluscos. Tecnología de cultivo. Ediciones Mundi – Prensa, Castelló, 37, Madrid.
- Cohen, A. N. 2006. The Exotics Guide: Non-native Marine Species of the North American Pacific Coast. Center for Research on Aquatic Bioinvasions, Richmond, CA, and San Francisco Estuary Institute, Oakland, CA. http://www.exoticsguide.org/botryllus_schlosseri.
- FAO, 2007. Estadísticas de pesca y acuicultura 2022. FAO, Roma.
- Keen A. M. 1971. Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Perú. Stanford University Press, Stanford; California. Second edition.
- Keen A.M., Coan E. 1974. Marine molluscan genera of western North America. An illustrated key. 2nd. Ed. Stanford Univ. Press. Stanford, California. 208 p.
- Quayle D. B. 1989. Pacific oyster culture in British Columbia. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 169: 1-192.



Comparative study of the reproductive cycle and biochemical composition of the common cockle *Cerastoderma edule* and the grooved razor shell *Solen marginatus* from Oualidia Lagoon on the Moroccan Atlantic coast

Estudio comparativo del ciclo reproductivo y composición bioquímica del berberecho común *Cerastoderma edule* y la navaja acanalada *Solen marginatus* provenientes de la Laguna Oualidia en la costa Atlántica marroquí

Ibtissam Doukilo^{1*}, Oum Keltoum Belhsen²,
Fouzia Hmimid³, Mohamed Id Halla²,
Ahmed Errhif¹

¹ Laboratoire Santé Et Environnement, Faculté des Sciences Ain Chock, Hassan II University of Casablanca, B P 5366 Maarif, Casablanca, Morocco,

² Institut National de Recherche Halieutique, Casablanca, Morocco,

³ Phycology Blue Biodiversity and Biotechnology RU, Laboratory of Plant Biotechnology Ecology and Ecosystem Valorization CNRST Labeled Research Unit NN°10 Faculty of Sciences, University Chouaib Doukkali, 24000 El Jadida, Morocco.

Ibtissam Doukilo   dou.ibtissam@gmail.com

ABSTRACT | Studying the reproductive cycle of bivalves, is fundamental to understand the biology of the species and allows the development of management plans of the bivalves' fishery as well as the diversification of shellfish species in aquaculture. The objective of this study was to determine the reproductive cycle of the common cockle *Cerastoderma edule* and the grooved razor shell *Solen marginatus* at Oualidia Lagoon, Morocco. The study involved gonad's histological analysis, the evaluation of the condition index and the determination of the biochemical composition (proteins, lipids and carbohydrates). From December 2017 to February 2019, monthly samplings were conducted from the natural banks. In parallel, water temperature, salinity, and concentration of chlorophyll *a* were also measured. Shell length and average weight were 30.46 ± 1.90 mm; 8.22 ± 1.59 g for *C. edule* and 91.01 ± 8.7 mm; 16.94 ± 4.39 g for *S. marginatus*. The condition index showed values between 3.97 ± 0.89 and 7.28 ± 1.11 for *C. edule* and between 28.41 ± 6.89 and 54.9 ± 7.44 for *S. marginatus*. Gametogenesis initiated in Autumn, reaching maturity in Spring, and spawning period in Spring-Summer. For both

Keywords |

Bivalves,
reproductive cycle,
biochemical composition,
aquaculture,
Oualidia Lagoon.

species, the seasonal variations of the different stages of the reproductive cycle and the condition index were significantly correlated with temperature and chlorophyll *a*. Proteins and lipids were the major components of the sampled individuals, followed by carbohydrates. These components increased in association with gametogenesis. The results of our study constitute the reference for the development and management of *C. edule* and *S. marginatus* fisheries.

RESUMEN | El estudio del ciclo reproductivo de los bivalvos, es fundamental para entender la biología de las especies y permite desarrollar planes de manejo de la pesquería de bivalvos, así como la diversificación de especies de moluscos en acuicultura. El objetivo de este estudio fue determinar el ciclo reproductivo del berberecho común *Cerastoderma edule* y la navaja *Solen marginatus* en la laguna de Oualidia, Marruecos. El estudio involucró el análisis histológico de las gónadas, la evaluación del índice de condición y la determinación de la composición bioquímica (proteínas, lípidos y carbohidratos). Desde diciembre 2017 hasta febrero 2019 se realizaron muestreos mensuales de los bancos naturales. Paralelamente, también se midió la temperatura del agua, la salinidad y la concentración de clorofila *a*. La longitud de la concha y el peso promedio fueron $30,46 \pm 1,90$ mm; $8,22 \pm 1,59$ g para *C. edule* y $91,01 \pm 8,7$ mm; $16,94 \pm 4,39$ g para *S. marginatus*. El índice de condición mostró valores entre $3,97 \pm 0,89$ y $7,28 \pm 1,11$ para *C. edule* y entre $28,41 \pm 6,89$ y $54,9 \pm 7,44$ para *S. marginatus*. La gametogénesis se inició en otoño, alcanzando la madurez en primavera y el período de desove ocurrió en primavera-verano. Para ambas especies, las variaciones estacionales de las diferentes etapas del ciclo reproductivo y el índice de condición se correlacionaron significativamente con la temperatura y la concentración de clorofila *a*. Las proteínas y los lípidos fueron los principales componentes de los individuos muestreados, seguidos de los carbohidratos. Estos componentes aumentaron en asociación con la gametogénesis. Los resultados de nuestro estudio constituyen la referencia para el desarrollo y manejo de las pesquerías de *C. edule* y *S. marginatus*.

Palabras clave |
Bivalvos,
ciclo reproductivo
composición bioquímica,
acuicultura,
Laguna Oualidia

INTRODUCTION

Marine ecosystems, in particular estuaries and lagoons, are among the most important environments in the world due to their several ecological services provided and economic characteristics. These include high productivity, species biodiversity, and important commercial value of marine resources used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries (Cardoso *et al.*, 2008; Barbier *et al.*, 2011; Ahmed *et al.*, 2014). Bivalves are considered marine resources of high

value to humans, and are generally found in transitional water systems, such as estuaries, and in coastal water systems, such as coastal lagoons. They have generally an annual reproductive cycle that includes a series of events starting with gonad activation, followed by a developmental stage of gametogenesis, maturity, gamete release or spawning, and then a sexual resting period. These phases, operate in coordination with seasonal changes in the environmental conditions, and depend on the characteristic pattern of each species, which is related to the location of the population. The timing of the reproductive activity is determined by an interaction between exogenous factors, mainly temperature and food availability, and endogenous factors (Barber and Blake, 1991).

In Morocco, the common cockle *Cerastoderma edule* and the grooved razor shell *Solen marginatus* have economic importance but their populations are not sheltered from anthropic pressure, as well as urbanization, pollution, overexploitation... This may lead to the collapse of their stocks. To remedy this problem the aquaculture sector, which is considered a complementary activity to the fisheries sector, could contribute to relieve the pressure on the fisheries resources and even ensure food security. In this optic comes our study where we aimed to identify the different stages of the reproductive cycle of two bivalve species, analyze the hydrological parameters that influence the reproductive cycle, and determine the relationship between biochemical components and the reproductive cycle. This information can improve the management of the fisheries of these two species and diversify shellfish farming in Morocco.

MATERIAL AND METHODS

Sampling and Environmental parameters

Bivalves were collected monthly at low tide from December 2017 to February 2019, from natural banks in Oualidia Lagoon (32° 44'42'' N and 9°02'50''W) located on the Atlantic Ocean in Morocco (Fig.1).

In parallel, hydrological parameters such as water temperature and salinity were monitored *in situ*, while the concentration of chlorophyll *a* was measured in the laboratory by fluorimetry, according to the following equation (Strickland and Parsons, 1972; Linder, 1974).

$$[\text{Chl } a] = k * (F_0 - F_a) * v / FV$$

Where: k: Calibration constant (fluorimeter), F₀: Fluorescence before acidification, F_a: Fluorescence after acidification, v: Volume of extraction solvent used, FV: Filtered volume (L).

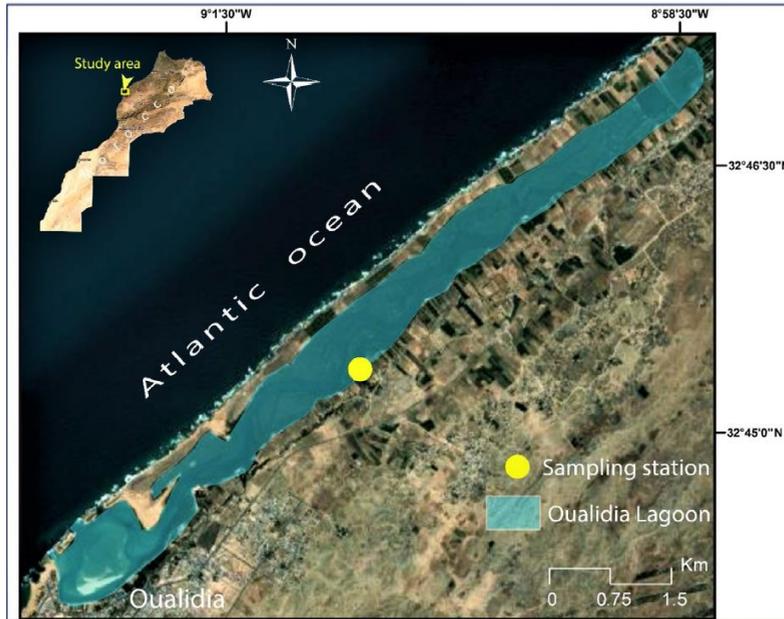


Figure 1. Sampling location at Oualidia Lagoon, Morocco.

Histology

Once in the laboratory, samples were measured for the following biometric parameters: total length, thickness, and height of shell. They were determined to the nearest ± 0.01 mm using a Vernier caliper. Total wet weight was weighed to the nearest ± 0.001 g, and then individuals were dissected. For histological analysis, individuals were fixed with Davidson's solution for 48 h (Shaw and Battle, 1957) in (Howard *et al.*, 2004). The samples were then dehydrated with increasing concentrations of ethanol. The bleaching was done with xylene which allows to replace the water contained in the tissues by paraffin. The paraffin-embedded tissues were cut with a microtome and stained with hematoxylin and eosin. The determination of the stages was done according to the scale proposed by Kingston (1974) and Iglesias (2006) for *C. edule* and Darriba *et al.* (2004) and Remacha-Triviño (2005) for *S. marginatus*. The identified stages were as follow stage 0: sexual resting, stage 1: initiation of gametogenesis, stage 2: development of gametogenesis, stage 3: maturation, stage 4A: partial or total spawning, stage 4B: restoration and stage 5: resorption. Then we analyzed the condition index, which is a parameter that reflects the ecophysiological conditions of the bivalves. It was calculated according to the equation proposed by Walne (1976).

$$CI = (DFW/DSW) * 100$$

Where DFW: Dry flesh weight (g), and DSW: Dry shell weight (g). Those parameters were obtained after drying the shells and flesh in an oven until the weights were stabilized.

Biochemical analysis

Samples were lyophilized before the determination of the compounds. Protein analysis was performed according to the Lowry *et al.* (1951) using the BSA as standard. Lipids were extracted and purified according to the Folch *et al.* (1957), as modified by Bligh and Dyer (1959) and determined using spectrophotometric methods, after acid hydrolysis, according to Marsh and Weinstein (1966), glyceryl tripalmitate was used as standard. For carbohydrates based on glucose as standard, we used the colorimetric method proposed by Dubois *et al.* (1956).

Statistical analysis

Statistical analysis of all the indices and averages was done with the SPSS software. We checked the normality of data before analysis. The Chi-square was used for sex ratio analysis, Anova or Kruskal-Wallis to detect the significant differences. To describe the relationship between the condition index, biochemical composition, and environmental parameters we applied the Spearman's correlation.

RESULTS AND DISCUSSION

Environmental parameters

During the study period Oualidia Lagoon was characterized by lowest mean water temperature (14.4°C) recorded during Winter, while the highest (25.4°C) was observed during Summer (Fig. 2A). The lowest mean salinity (21.9 psu) occurred in Winter and the highest (32.5 psu) was during Fall (Fig. 2B). The highest concentration of chlorophyll *a* (5.37 g/l) was found in Spring and the lowest (0.09 g/l) in Fall (Fig. 2C).

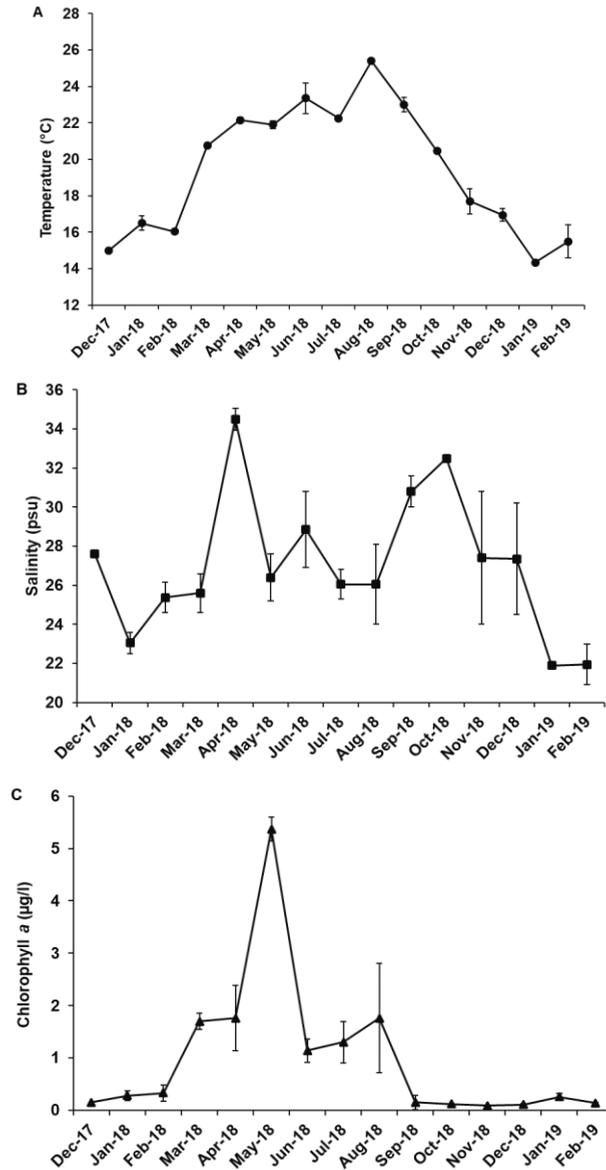


Figure 2. Monthly variations (\pm SD) of temperature ($^{\circ}$ C) (A) salinity (psu) (B) and Chlorophyll *a* (μ g/l) (C) recorded during the study period at Oualidia Lagoon.

Sex ratio

The sex ratio of cockle (Fig.3A) was in favor of females 1F:0.82M ($P < 0.05$, Chi-Square = 6,9), our results were similar to the those obtained in Essex in England, in the Bay of Somme in France, at the site of A Xunqueira in Spain and the Ria de Aveiro Lagoon in Portugal (Boyden, 1971; Desprez *et al.*, 1987 ; Martínez-Castro et Vázquez, 2012 ; Maia *et al.*, 2021, respectively). However, sex ratio did not deviated from expected 1F:1M ($P < 0.05$, Chi-Square = 0.2) for the grooved razor shell (Fig.3B). Similar results were obtained in the Gulf of Gabes in Tunisia, in the Ria de Aveiro Lagoon in Portugal, and in the estuaries of Eo and Villaviciosa in Spain (Ayache *et al.*, 2016; Maia *et al.*, 2006; López *et al.*, 2005, respectively).

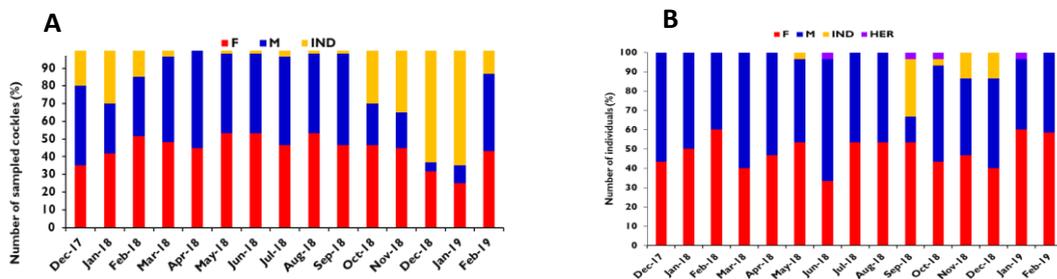


Figure 3. Monthly variations of male (M), female (F), hermaphrodite (H) and undetermined individuals (IND) of *C. edule* (A) and *S. marginatus* (B) sampled at Oualidia Lagoon over the experimental period.

Gonadal development stages and Condition index

For both species, the initiation of gametogenesis took place in Winter and the maturation phase was observed in Spring. The spawning period was observed from April to September for *C. edule* and to July for *S. marginatus*. The grooved razor shell population was distinguished by a reproductive cycle characterized by a short sexual rest period (September to November) unlike the common cockle whose reproductive cycle spreads out from October to February (Fig.4A and 4B). Our results did not coincide with those reported at Galician sandflats in Spain for *C. edule* where the initiation of gametogenesis was in Fall with two consecutive spawning events, during Spring-Summer, and a short gonadal resting stage at the end of Summer/beginning of Fall (Iglesias, 2006; Martínez-Castro and Vázquez, 2012).

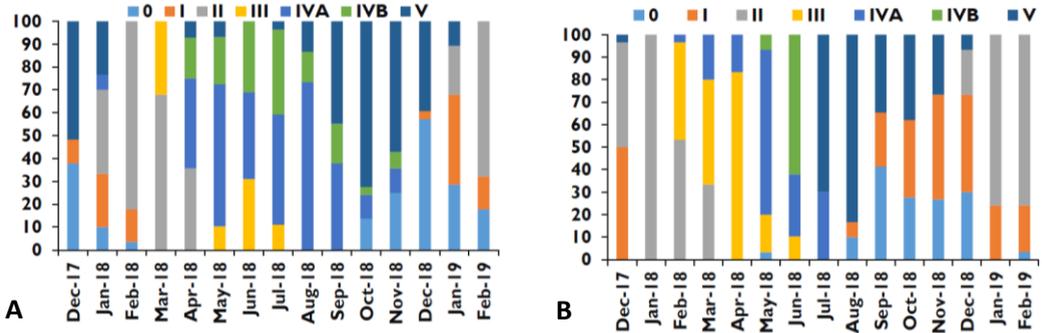


Figure 4. Monthly variations of different gonadal stages of *C. edule* (A) and *S. marginatus* (B) sampled at Oualidia Lagoon from December 2017 to February 2019.

The Kruskal-Wallis test indicated significant differences of the condition index among months. It showed values between 3.97 ± 0.89 and 7.28 ± 1.11 for *C. edule* and between 28.41 ± 6.89 and 54.9 ± 7.44 for *S. marginatus*. We noticed that the first increase coincided with the development of the gametes, the decrease in May with the peak of spawning and the second increase in November coincided with the end of the reproductive cycle where the species accumulated its reserves.

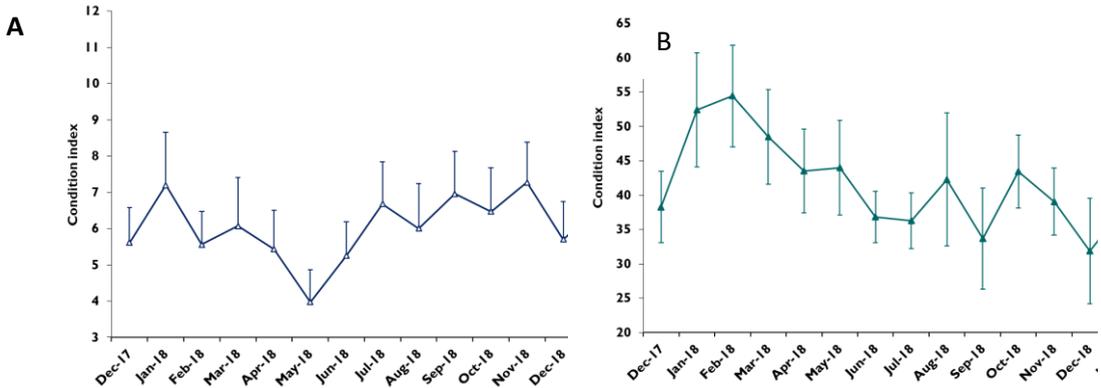


Figure 5. Monthly variations of condition index of *C. edule* (A) and *S. marginatus* (B) sampled at Oualidia Lagoon from December 2017 to February 2019.

This index was correlated with the environmental parameters (Table1).

Table 1. Results of the Spearman’s correlation between the environmental parameters and CI at Oualidia Lagoon.

CI	Spearman correlation	Temperature	Chlorophyll a	Salinity
<i>C. edule</i>	Coefficient	0,71**	- 0,71**	- 0,31**
<i>S. marginatus</i>		- 0,45**	0,45**	-0,20**

Biochemical composition

Maximum values of proteins and lipids were recorded during Spring period for both species coinciding with the highest percentage of individuals in the maturation stage. The lowest values of carbohydrates coincided with the spawning stage. The Fall and Winter periods were characterized by the resorption and sexual resting stages and by a decrease in protein content and an increase in carbohydrates content (Fig.6).

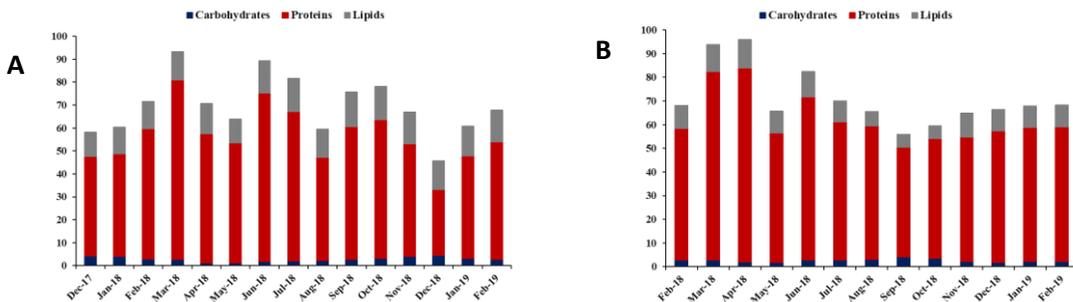


Figure 6. Monthly variations of biochemical components of *C. edule* (A) and *S. marginatus* (B) sampled at Oualidia Lagoon over the experimental period.

Numerous studies indicated that seasonal variations in biochemical composition are closely related to reproductive activity in bivalve molluscs. These animals process and store nutrients in glycogen forms. These reserves can then be mobilized either to support energy needs when food is scarce, or for gametogenesis (Ojea *et al.*, 2004; Dridi *et al.*, 2007).

Our results showed that glycogen content decreased after the sexual resting stage and reached lowest values when the spawning period started, and then recovered after spawning. These results coincided with those reported for *Ruditapes decussatus*, *Ensis arcuatus* from Spain, *Crassostrea gigas*, *Donax trunculus* from Tunisia and *Venerupis senegalensis* from Portugal (Ojea *et al.*, 2004;

Darriba *et al.*, 2005; Dridi *et al.*, 2007; Joaquim *et al.*, 2011; Boussoufa *et al.*, 2021). Gabbott (1975) report that gonadal development may involve the metabolic conversion of glycogen to lipid. In the present study, lipid changes showed a significant increase during Fall when the development of gametogenesis begun when a drop in glycogen content took place. In general, there was a positive synchronism between the intensification of gametogenesis and lipid contents.

CONCLUSION

Temperature and chlorophyll *a* were the main parameters that control the reproductive cycle of *C. edule* and *S. marginatus*. Proteins and lipids were the major components of the bivalves' biomass and their content increased in association with gametogenesis. The highest concentration of glycogen was detected during Fall and Winter seasons when the species are in sexual resting stage.

REFERENCES

- Ahmed A.B.A., Adel M., Karimi P., Peidayesh M. 2014. Pharmaceutical, cosmeceutical, and traditional applications of marine carbohydrates. In: *Advances in food and nutrition research*, Academic Press. 73:197-220.
- Ayache N., Hmida L., Cardoso J.F.M.F., Haouas Z., da Costa F., Romdhane M.S. 2016. Reproductive cycle of the Razor clam *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) in the Southern Mediterranean Sea (Gulf of Gabes, South Tunisia). *J. Shellfish Res.* 35(2):389-397. <https://doi.org/10.2983/035.035.0213>.
- Barber B.J., Blake N.J. 1991. Reproductive physiology. In: Shumway, S. E. (Ed.), *Scallops: Biology, ecology, and aquaculture*. Elsevier, Amsterdam, pp. 377-428.
- Barbier E.B., Hacker S.D., Kennedy C., Koch E.W., Stier A.C., Silliman B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2):169-193.
- Bligh E.G., Dyer W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37 (8):911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>.
- Boussoufa D., Chalouati H., Ghazali N., Navarro J., El Cafsi M. 2021. Mobilisation and dynamics of energy reserves in different tissues of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the Gulf of Tunis (eastern Mediterranean Sea, Tunisia). *Afr. J. Mar. Sci.* 43:119-133. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2021.1887761>.
- Boyden C.R., 1971. A Comparative Study of the Reproductive Cycles of the Cockles *Cerastoderma edule* and *C. glaucum*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 51:605-622. <https://doi.org/10.1017/S0025315400014995>.
- Cardoso P.G., Raffaelli D., Lillebø A.I., Verdelhos T., Pardal M.A. 2008. The impact of extreme flooding events and anthropogenic stressors on the macrobenthic communities' dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(3):553-565.

- Darriba S., San Juan F., Guerra A. 2005. Energy storage and utilization in relation to the reproductive cycle in the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865). *ICES J. Mar. Sci.* 62(5):886-896. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.02.010>.
- Darriba S., San Juan F., Guerra A., 2004. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 311(1):101-115. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.05.004>.
- Desprez M., Ducrotoy J.P., Elkaim B., Lafite R., Lemoine M., Sueur F. 1987. Crise de la production de coques (*Cerastoderma edule*) en Baie de Somme : analyse de la reproduction et relations avec l'environnement. *Haliotis*, 16:327-351.
- Dridi S., Romdhane M.S., Elcafsi, M. 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(1-4):238-248. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.028>.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28(3):350-356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>.
- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226(1):497-509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5).
- Gabbott P.A. 1975. Storage cycles in marine bivalve molluscs: a hypothesis concerning the relation between glycogen and gametogenesis. In: Barnes, H.B. (Ed.) (1975). Ninth European Marine Biology Symposium. Aberdeen University Press: Aberdeen. IX, 760 p.
- Howard D.W., Lewis E.J., Keller B.J., Smith C.S. 2004. Histological techniques for marine bivalve mollusks and crustaceans. In: NOAA Technical Memorandum, Vol. 5. NOS NCCOS, p. 218.
- Iglesias D., 2006. Estudio Patológico de Las Poblaciones de Berberecho *Cerastoderma Edule* (L.) de Galicia (Ph.D. Thesis). University of Vigo, p. 266.
- Joaquim S., Matias D., Matias A.M., Moura P., Arnold W.S., Chícharo L., Gaspar M.B. 2011. Reproductive activity and biochemical composition of the pullet carpet shell *Venerupis senegalensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia) from Ria de Aveiro (northwestern coast of Portugal). *Sci. Mar.*, 75(2):217-226. <https://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n2217>.
- Kingston P.F. 1974. Studies on the reproductive cycles of *Cardium edule* and *C. glaucum*. *Mar. Biol.* 28:317-323.
- Linder S. 1974. A proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determinations in ecological and eco-physiological investigations. *Physiol. Plant.* 32:154-156.
- López J., Rodríguez C., Carrasco J.F. 2005. Comparación del ciclo reproductor de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca : Bivalvia) en las rías del Eo y Villaviciosa (Asturias, noroeste de España) : relación con las variables ambientales. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 21(1-4):317-327.

- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193(1):265-275. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)
- Maia F., Barroso C.M., Gaspar M.B. 2021. Biology of the common cockle *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758) in Ria de Aveiro (NW Portugal): Implications for fisheries management. *Journal of Sea Research* 171:102024. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102024>.
- Maia F., Sobral M.P., Gaspar M. 2006. Ciclo reprodutivo e primeira maturação de *Solen marginatus* e *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro. Bases científicas para a gestão destes recursos. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR*, 30:1-35. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15298.32961>.
- Marsh J.B., Weinstein D.B., 1966. Simple charring method for determination of lipids. *J. Lipid Res.* 7(4):574-576. [https://doi.org/10.1016/S0022-2275\(20\)39274-9](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)39274-9).
- Martínez-Castro C., Vázquez E. 2012. Reproductive cycle of the cockle *Cerastoderma edule* (Linnaeus 1758) in the Ría de Vigo (Galicia, Northwest Spain). *Journal of Shellfish Research*, 31(3):757-767.
- Ojea J., Pazos A.J., Martínez D., Novoa S., Sánchez J.L., Abad M. 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. *Aquaculture*. 238(1-4):451-468. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.022>.
- Remacha-Triviño A. 2005. Ciclo reprodutivo de *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca : Bivalvia) en la ría del Eo (noroeste de España). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 21(1-4):375-385.
- Shaw B.L., Battle, H.I. 1957. The gross and microscopic anatomy of the digestive tract of the oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Can. J. Zool.* 35:325–347.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, 2nd edition., *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167, 328 p.
- Walne P.R. 1976. Experiments on the culture in the sea of the butterfish *Venerupis decussata* L. *Aquaculture*, 8(4):371–381. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(76\)90119-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(76)90119-8).

Influencia de factores ambientales en la condición nutricional de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) en la región pesquera de Caibarién, Cuba

Influence of environmental factors on nutritional condition of spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in Caibarién fishing region, Cuba

Alexander Lopeztegui-Castillo^{1,2*}, Diana Martínez-Coello²,
Abel Betanzos-Vega³, Yunier Olivera-Espinosa^{1,3},
Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas¹, Norberto Capetillo-Piñar⁴

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas,
Av. Instituto Politécnico Nacional, Playa Palo de Santa Rita,
La Paz, BCS, México. C.P. 23096

²Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Alimentaria,
Calle 246 No. 503 entre 5ta. Avenida y Mar, Barlovento,
Playa, La Habana, Cuba. C.P. 19100

³Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros,
Rotonda Los Almacigos, Cayo Coco, Ciego de Ávila,
Cuba. C.P. 69400

⁴Federación de Cooperativas Pesqueras FEDECOP Zona Centro,
La Paz, Baja California Sur, México. C.P. 23060

Alexander Lopeztegui-Castillo   alopeztegui@yahoo.com

RESUMEN | La influencia del ambiente natural en la fisiología de las langostas es un tópico poco abordado internacionalmente y no desarrollado en Cuba. Este estudio se enfocó en determinar el impacto de factores ambientales bióticos y abióticos, en la condición nutricional de langostas *Panulirus argus* (Latreille, 1804) de la región pesquera de Caibarién, Cuba. Once sitios de muestreo, en aguas interiores y cerca del borde de la plataforma, fueron muestreados entre 2010 y 2015, en seca y en lluvia. El índice analítico de refracción de la hemolinfa (IRH), y el morfométrico Kl_c (peso total / longitud cefalotorácica), se utilizaron como indicadores de condición nutricional. Como variables ambientales abióticas se midieron temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (OD), y se estimó la disponibilidad de alimento (DA) como variable biótica. Para cuantificar el impacto de las variables ambientales sobre la condición nutricional se emplearon modelos aditivos generalizados (GAM). Ambos índices de condición nutricional variaron significativamente entre años y entre sitios. Ninguna tendencia fue observada, aunque los mayores valores se

Palabras clave |

Hábitat natural,
impacto ambiental,
disponibilidad de alimento,
temperatura,
salinidad,
oxígeno disuelto.

presentaron en los sitios de borde y en época de seca. La variación espacial fue significativa sólo para DA, con mayores valores hacia el borde de la plataforma. La variación interanual fue significativa para la salinidad, con menores valores en 2013, y para DA, mayor en 2015. La temperatura fue mayor en lluvia (verano), en que fue menor la salinidad; OD y DA no mostraron diferencias significativas entre seca y lluvia. Para Klc, el GAM aplicado explicó un 84.8 % de la desviación, con un R^2 de 77.6 %. Las variables sitio, OD y DA, tuvieron un impacto significativo en las variaciones de Klc. Respecto a IRH, el GAM aplicado explicó un 34.6 % de la desviación, con un r^2 de 25.3 %. Sólo la salinidad tuvo un impacto significativo en las variaciones de IRH.

ABSTRACT | Natural environmental influence on lobster physiology is a topic little addressed around the world and not developed in Cuba. This study aimed to determine the impact of biotic and abiotic environmental factors on the nutritional condition of *Panulirus argus* (Latreille, 1804) from the Caibarién fishing region in Cuba. Eleven sites, located near the platform border and in inner waters, were sampled from 2010 to 2015, during the dry and rainy seasons. The analytic Blood Refractive Index (BRI) and the morphometric Kcl (total weight / carapace length) were used as nutritional condition indicators of the lobsters. Temperature, salinity, and dissolved oxygen (DO) were recorded, and benthic food availability index (BFAI) was also determined. Generalized Additive Models (GAM) were used to quantify the impact of environmental factors on the nutritional condition. Both BRI and Kcl varied significantly among sites and years. Although no trend was observed, higher values were observed at border sites, and in the dry season. The spatial variation of environmental factors was significant only for BFAI, showing higher values at border sites. Interannual comparison of environmental variables showed significant differences for salinity, with the lowest values observed in 2013, and for BFAI, the higher values were observed in 2015. Temperature was higher during the rainy season (summer) while salinity was the lowest. DO and BFAI did not show differences between seasons. GAM for Kcl had 84.8% deviance explained, with an adjusted $r^2=$ 77.6 %. The variables “site”, DO, and BFAI had a significant impact on Kcl index. GAM for BRI had 34.6 % deviance explained, with an adjusted $r^2=$ 25.3 %. Only salinity caused a significant impact on BRI

Keywords |

Natural habitat,
environmental impact,
food availability,
temperature,
salinity,
dissolved oxygen.

INTRODUCCIÓN

La influencia del ambiente natural en la fisiología de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804), es un aspecto poco abordado a nivel mundial y no previamente estudiado en Cuba,

donde esta especie constituye el principal recurso pesquero (Puga *et al.*, 2013; Alzugaray *et al.*, 2018). La condición de isla estrecha y horizontalmente alargada determina que gran parte del territorio cubano sea considerado zona costera, en la que el impacto de fenómenos naturales y antrópicos ha originado afectaciones múltiples en los ecosistemas marinos (González-Díaz, 2015; Mouso-Batista *et al.*, 2019). En Caibarién, sector central del archipiélago Sabana-Camagüey (ASC), el deterioro de la comunidad bentónica puede implicar la disminución del alimento disponible para las langostas, lo cual, de conjunto con la baja calidad de las aguas, puede afectar la abundancia, distribución y condición fisiológica de las langostas (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2021b; Martínez-Daranas *et al.*, 2021).

El desarrollo turístico en el ASC ha generado conflicto de intereses y distintos niveles de estrés en la plataforma submarina y los cayos, lo que unido a los efectos del cambio climático han hecho decrecer la biodiversidad (Alcolado *et al.*, 1999; Alcolado *et al.*, 2007). Entre los factores de origen natural que afectan el área, destacan los eventos meteorológicos extremos (Fernández-Vila & Chirino-Núñez, 1993; Betanzos-Vega *et al.*, 2013). De manera directa o indirecta la región ha sido afectada por el paso de 14 huracanes de gran intensidad que impactaron a Cuba entre 2001 y 2016. Sin embargo, el mayor y más reciente impacto lo protagonizó el huracán Irma, en septiembre de 2017, atravesando todo el archipiélago con categoría entre 5 y 3 en la escala Saffir-Simpson.

Entre los factores antrópicos de mayor influencia en los ecosistemas marinos se han reportado la contaminación orgánica y la eutrofización debidas a la agricultura y la falta de tratamiento de las aguas residuales (Alcolado *et al.*, 1999; Montalvo-Estévez *et al.*, 2008), el efecto destructivo de las redes de arrastre, el represado de los ríos y la construcción de hoteles y pedraplenes (Alcolado *et al.*, 2007; Martínez-Daranas, 2007). La naturalmente limitada circulación de las aguas y la elevada tasa de evaporación, principalmente en verano, junto a la escasez de fuentes de agua dulce, da lugar a elevados valores de salinidad (Fernández-Vila & Chirino-Núñez, 1993; Betanzos-Vega *et al.*, 2009). A esta deteriorada situación ambiental contribuyen además la baja profundidad de las zonas submarinas y la construcción de obras como los pedraplenes, que limitan el flujo de las aguas (Betanzos-Vega *et al.*, 2010, 2015).

Este nivel de estrés ambiental en el ASC hace que la relación de las variables ambientales con la condición nutricional de las langostas, definida como la magnitud en que los animales han acumulado las reservas energéticas necesarias para realiza exitosamente las funciones vitales, crecer y reproducirse (Moore *et al.*, 2000), deba ser analizada de manera particular. Por tal razón, fueron objetivos de este capítulo relacionar las variaciones de la condición nutricional de langostas *P. argus* de la región de Caibarién, con variables ambientales tanto bióticas (disponibilidad de alimento) como abióticas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto), y cuantificar el impacto de cada una de éstas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo

La plataforma de la zona centro-oriental de la costa norte de Cuba, donde se ubica el archipiélago sabana-Camagüey (ASC), posee un área de 10,118 km² y se extiende a lo largo de 465 km entre Punta Hicacos y Bahía Nuevitas. Presenta alrededor de 2,517 cayos que ocupan un área total de 3,400 km², lo que representa el 60 % de todos los cayos de Cuba (Alcolado & Espinosa, 1996; Alcolado *et al.*, 2007). En esta plataforma la mayoría de las zonas de cría (544 km²) de langosta se encuentran entre la costa de la Isla de Cuba y la costa sur de los cayos, en aguas interiores de poca profundidad. En Caibarién, sector central del ASC que ha sido continua e intensamente afectado por fenómenos naturales y antrópicos, se ubicaron 11 sitios de muestreo, algunos cerca del borde de la plataforma y otros en aguas interiores (Figura 1).

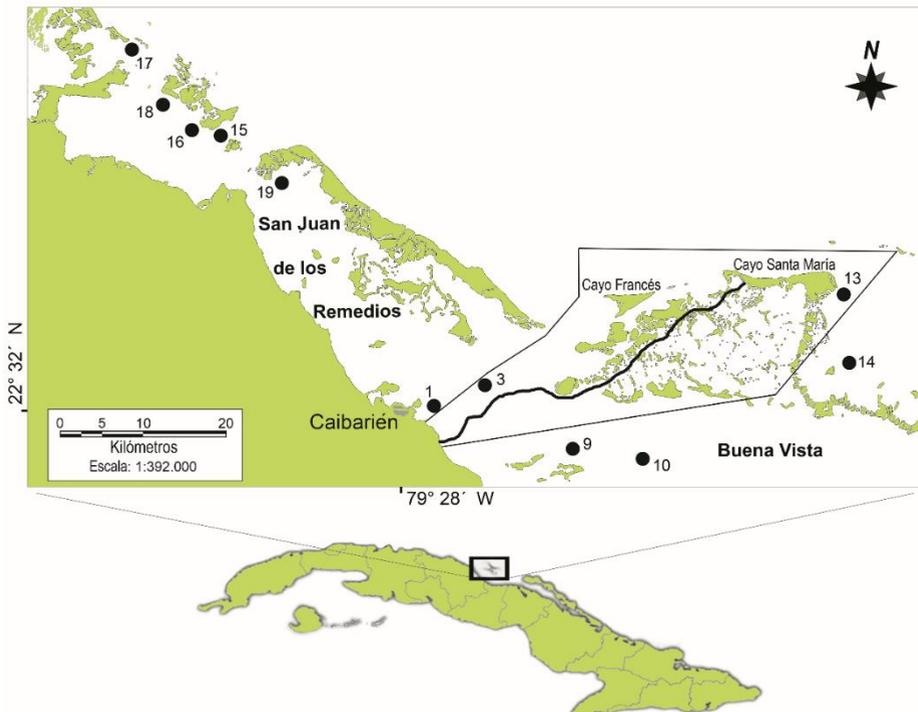


Figura 1. Localización de la zona de estudio y los 11 sitios de muestreo en la región pesquera de Caibarién, sector central del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba.

Índices de condición nutricional

Se calculó el índice morfométrico de condición nutricional $Klc = \text{Peso total (Pt)} / \text{Longitud cefalotorácica (Lc)}$. Basado en la relación demostrada entre el índice de refracción de la hemolinfa (IRH) y la concentración total de proteínas en la sangre (hemolinfa) de las langostas, dicho índice se empleó como un estimador analítico directo de la condición nutricional. Mediante jeringas estériles (una por ejemplar) de 3 cc, la hemolinfa se extrajo del seno pericárdico, que tiene una posición media-dorsal en el cefalotórax de las langostas, y se depositó sobre el prisma de un refractómetro de mano modelo Fisher Brix (0-50 %) para realizar, a temperatura ambiente, la lectura del índice de refracción.

Se extrajo hemolinfa sólo a langostas capturadas a una distancia no mayor a 4 km alrededor de los sitios en que se efectuaron los arrastres para el muestreo de la comunidad bentónica y estimación de la disponibilidad de alimento (DA). Dichas langostas fueron medidas, sexadas, pesadas. Se trabajó sólo con los ejemplares que presentaron todos sus apéndices en perfecto estado, y sin signos evidentes (externos) de reproducción, muda o enfermedades.

Disponibilidad de alimento

Teniendo en cuenta que los moluscos constituyen un componente fundamental de la dieta de las langostas (Espinosa *et al.*, 1990; Herrera *et al.*, 1991; Martínez-Coello *et al.*, 2015), la disponibilidad de alimento se estimó a partir de los atributos (densidad, diversidad y biomasa) de la comunidad de moluscos, mediante el Índice de Disponibilidad de Alimento propuesto por Lopeztegui-Castillo *et al.* (2021a):

$$DA = \log_{10}(|\sqrt{S * D * B}|),$$

Donde S: número de especies; D: densidad (ind/m²); y B: biomasa (g/m²) de moluscos vivos.

Los arrastres para estimar tales atributos se realizaron con una draga (rastra) rectangular de 56 × 25 cm² de área en la entrada, a la que se ató una red (copo) de 4 mm de luz de malla. Los arrastres se realizaron en fondos fangosos (areno-fangosos y fango-arenosos) usualmente con vegetación submarina. Cada arrastre (tres réplicas por sitio) se realizó por un tiempo promedio de 40 segundos, navegando en línea recta a una velocidad no mayor de 3.7 km/h (2 kn). De esta forma, en cada réplica el área total arrastrada fue de 21 m². Se tuvieron en cuenta sólo los moluscos mayores de 4 mm, operacionalmente definidos como megazoobentos (Alcolado *et al.*, 1998; Sakshaug *et al.*, 2009).

Variables abióticas

Las variables ambientales correlacionadas con la disponibilidad de alimento y con los índices morfofisiológicos de condición nutricional fueron, bióticas: disponibilidad de alimento (DA); abióticas: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (OD). Fueron registradas *in situ* con una sonda multiparámetro Hanna, en los mismos sitios en los que se realizaron los arrastres.

Análisis de la información

Al igual que en el golfo de Batabanó, se comprobó, mediante la prueba de Shapiro-Wilks, que las variables analizadas no cumplen con las premisas de una distribución normal, por lo que se aplicaron pruebas no paramétricas. Las variables abióticas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) y la disponibilidad de alimento se compararon entre sitios y entre años, mediante la prueba de comparación múltiple por rangos de Kruskal-Wallis. Las comparaciones pareadas (entre épocas de Seca y Lluvia, entre sexos y entre las regiones de Batabanó y Caibarién) se realizaron mediante una prueba U de Mann-Whitney, en STATISTICA 10.3 (Statsoft com, 2020). El coeficiente de correlación por rangos de Spearman y los Modelos Aditivos Generalizados (GAMs) cuantificaron la relación entre los índices de condición nutricional y las variables ambientales. Las variaciones se analizaron entre los años 2010 y 2015.

RESULTADOS

Ambos índices de condición nutricional variaron significativamente entre sitios (escala espacial), mostrando los mayores valores entre los sitios 13 y 19, ubicados cerca del borde de la plataforma (Figura 2A). También fue significativa la variación de ambos índices en la escala temporal (entre años), aunque ninguna tendencia pudo establecerse (Figura 2B). En la estación de Seca (invierno), la condición nutricional de las langostas fue mayor, no obstante, sólo mediante IRH se detectaron diferencias significativas (Figura 2C).

La comparación temporal de los valores medios anuales de las variables abióticas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) y de la disponibilidad de alimento, cuantificada mediante DA, mostró que la salinidad varió estadísticamente entre años, pero sin una tendencia definida, con su menor valor en 2013. La disponibilidad de alimento aumentó gradualmente entre 2010 y 2015, aunque las diferencias significativas se establecieron sólo entre este último año y los anteriores. La temperatura resultó significativamente mayor en el período lluvioso (verano), mientras que la salinidad promedio presentó su menor valor en dicho período. El oxígeno disuelto y la disponibilidad de alimento no mostraron diferencias entre épocas (Figura 3).

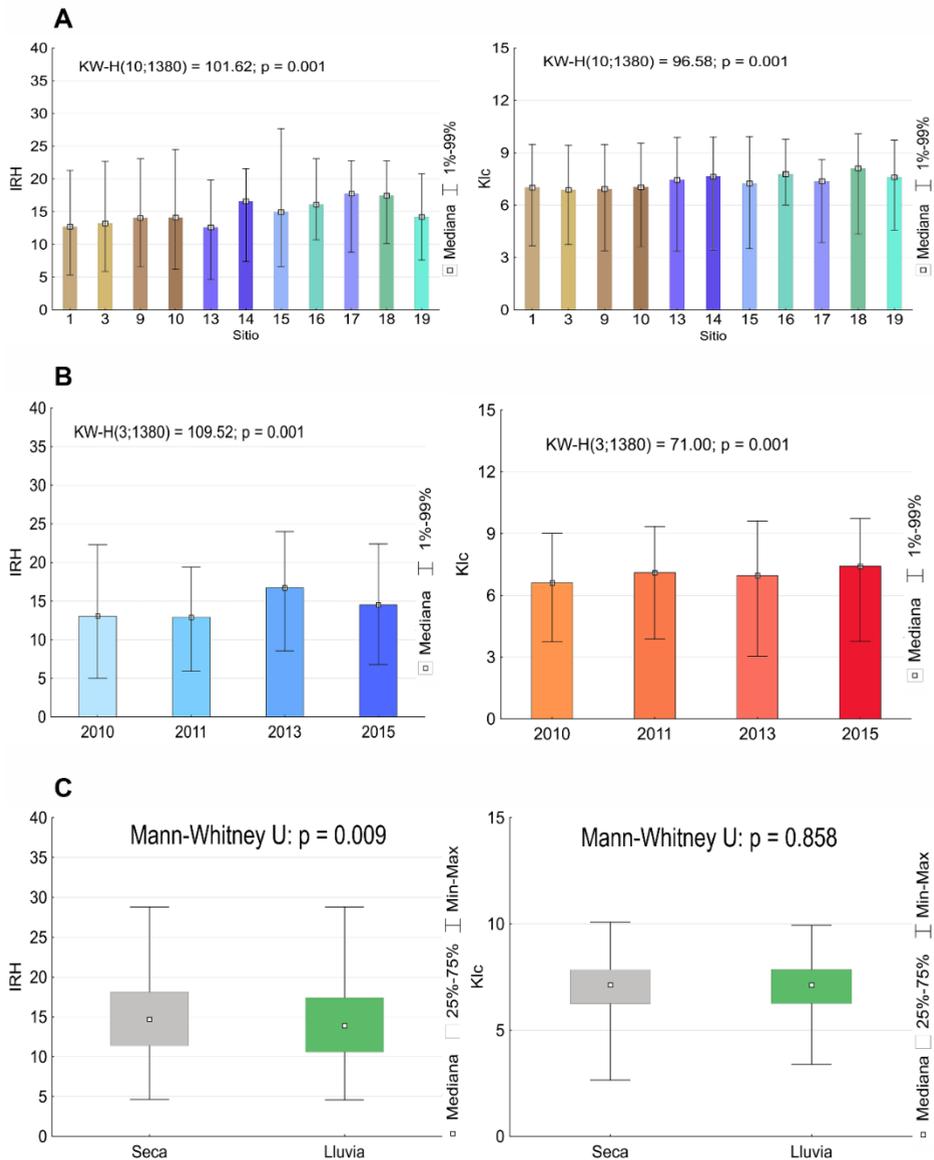


Figura 2. Variación espacial (entre sitios de muestreo) y temporal (entre años y entre épocas de lluvia o seca) de los índices de condición nutricional. IRH: índice de refracción de la hemolinfa; Klc: índice morfométrico de condición nutricional.

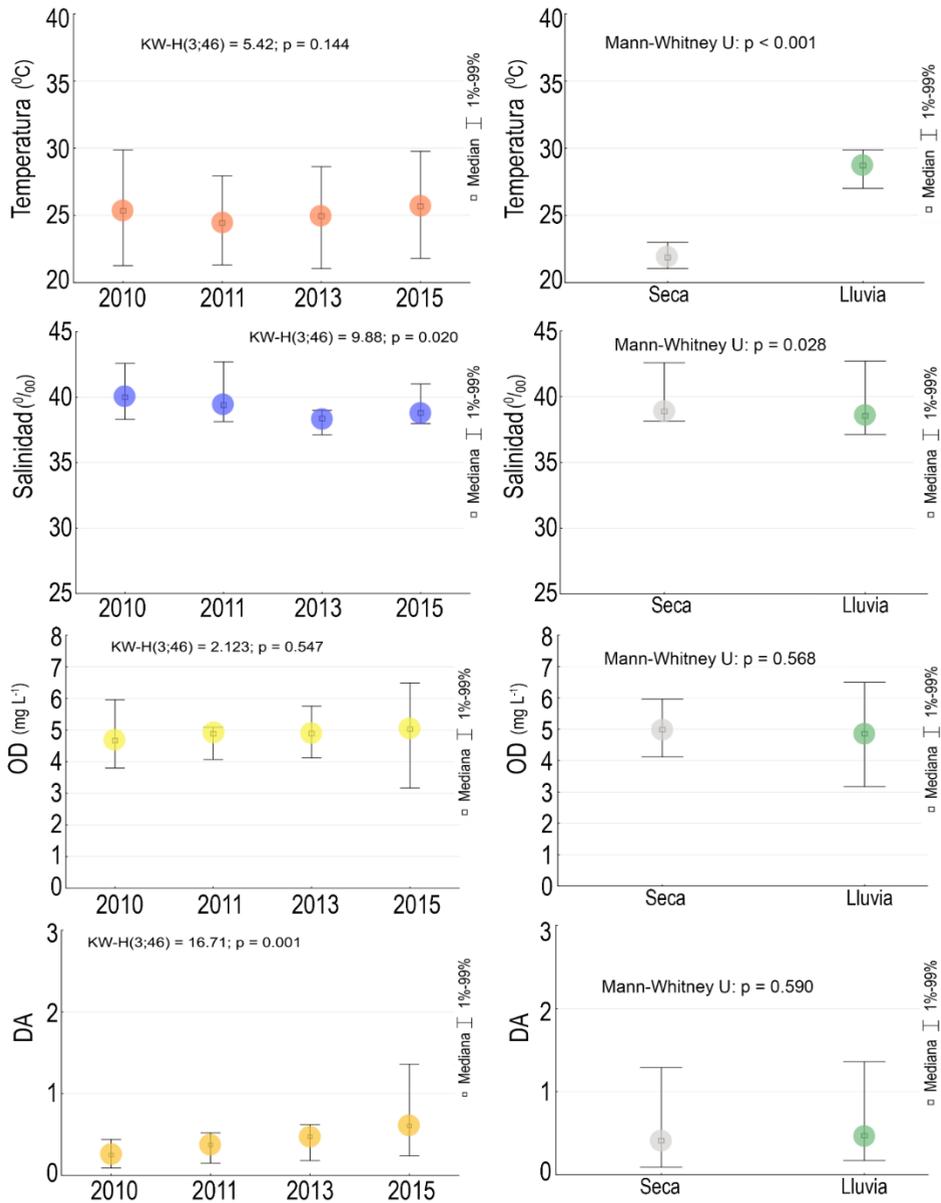


Figura 3. Variación temporal (entre años y entre períodos de Seca y Lluvia) de las variables ambientales medidas como promedio entre los 11 sitios de muestreo ubicados en zonas pesqueras de la región de Caibarién, Cuba. OD: oxígeno disuelto; DA: Índice de Disponibilidad de Alimento.

La relación entre IRH y Klc fue directamente proporcional, pero de baja magnitud y estadísticamente no significativa. La temperatura y la salinidad no mostraron asociación con ninguno de los dos índices de condición nutricional, sin embargo, la disponibilidad de alimento tuvo una correlación significativa con ambos índices. El oxígeno disuelto se correlacionó significativamente sólo con el IRH (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes de correlación por rangos de Spearman para cuantificar el grado de asociación entre los índices de condición nutricional, y entre éstos y las variables ambientales medidas en áreas pesqueras de la región de Caibarién, Cuba. IRH: Índice de refracción de la Hemolinfa; Klc: relación peso total / longitud cefalotorácica; OD: oxígeno disuelto; DA: Índice de Disponibilidad de Alimento.

R Spearman; p < 0.05		
	IRH	Klc
Temperatura (°C)	-0.2062	0.1977
Salinidad (‰)	-0.2694	-0.1226
OD (mg/L)	0.4389*	0.2459
DA	0.3374*	0.5513*
IRH	-	0.1749

La disponibilidad de alimento fue la única variable ambiental que presentó valores estadísticamente mayores fundamentalmente en los sitios muestreados en el año 2015. La temperatura y la salinidad se comportaron homogéneamente sin presentar diferencias significativas entre sitios. El oxígeno disuelto varió apreciablemente entre algunos de los sitios, pero la prueba de Kruskal-Wallis no detectó como significativas tales variaciones (Figura 4).

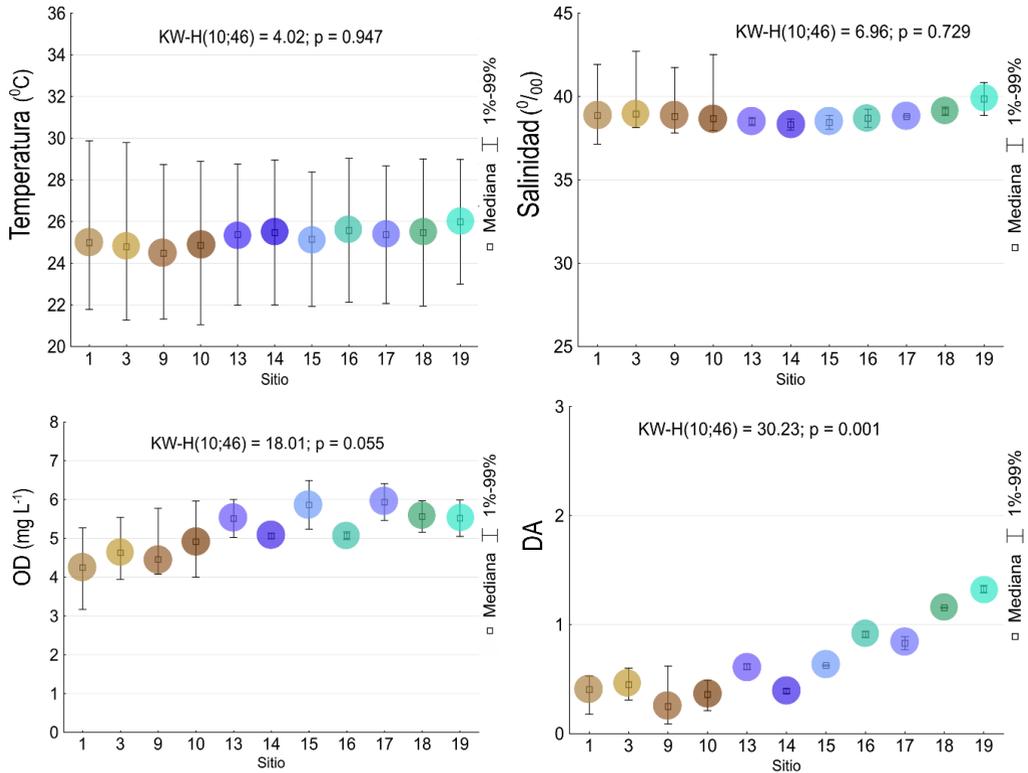


Figura 4. Variación espacial (entre sitios) de las variables ambientales medidas como promedio entre los años 2010 y 2015, en zonas pesqueras de la región de Caibarién, Cuba. OD: oxígeno disuelto; DA: Índice de Disponibilidad de Alimento.

No se presentó colinealidad entre ninguna de las variables analizadas. El criterio de información de Akaike evidenció que el mejor ajuste de los modelos se produce incluyendo la variable “sitio”. En el caso de Klc, el modelo aditivo generalizado explicó un 84.8 % de la devianza, con un r ajustado de $r^2 = 77.6$ %. Las variables “sitio”, oxígeno disuelto y disponibilidad de alimento tuvieron un impacto significativo en Klc (Figura 5).

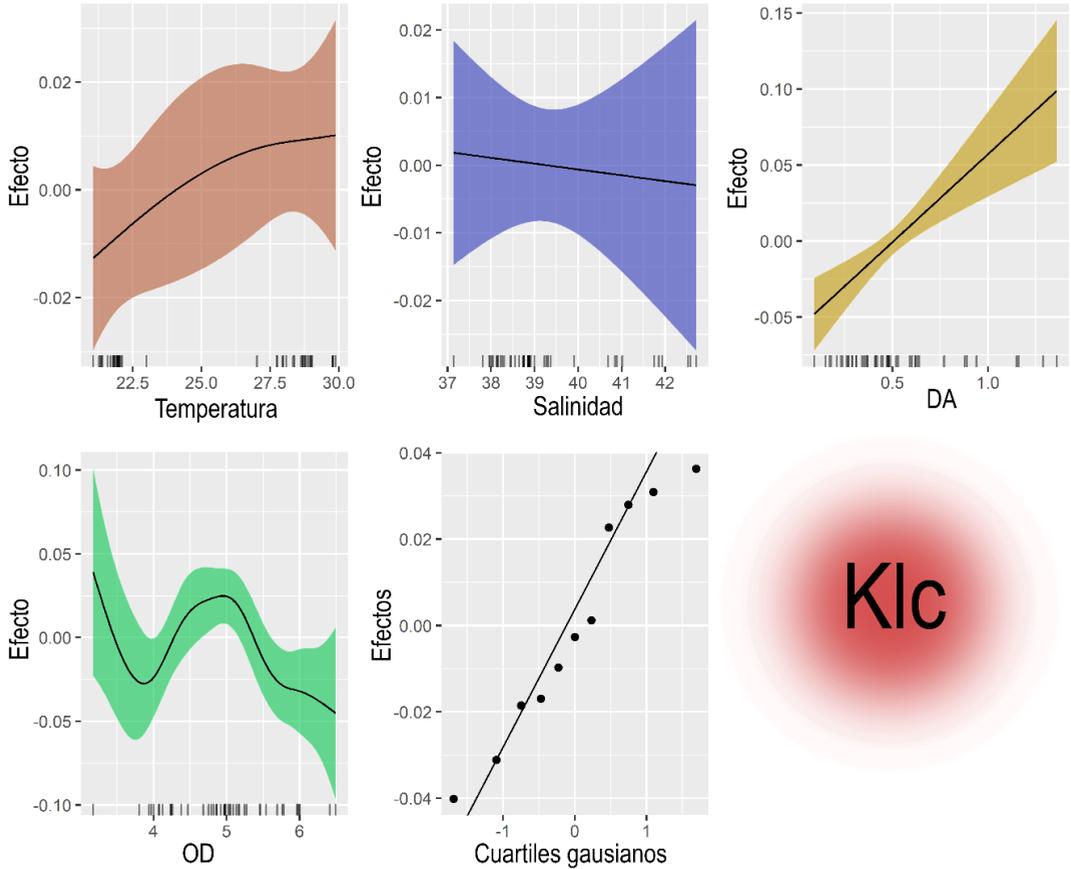


Figura 5. Modelo aditivo generalizado aplicado para cuantificar el impacto de las variables ambientales temperatura, salinidad, disponibilidad de alimento (DA), oxígeno disuelto (OD) y “sitio”, sobre el índice morfométrico de condición nutricional Klc (relación peso total / longitud cefalotorácica), determinado para langostas *Panulirus argus* de la región de Caibarién, Cuba.

Respecto al estimador analítico IRH, el modelo aditivo generalizado explicó un 34.6 % de la devianza, con un r^2 ajustado de 25.3 %. Sólo la salinidad tuvo un impacto significativo sobre IRH (Figura 6).

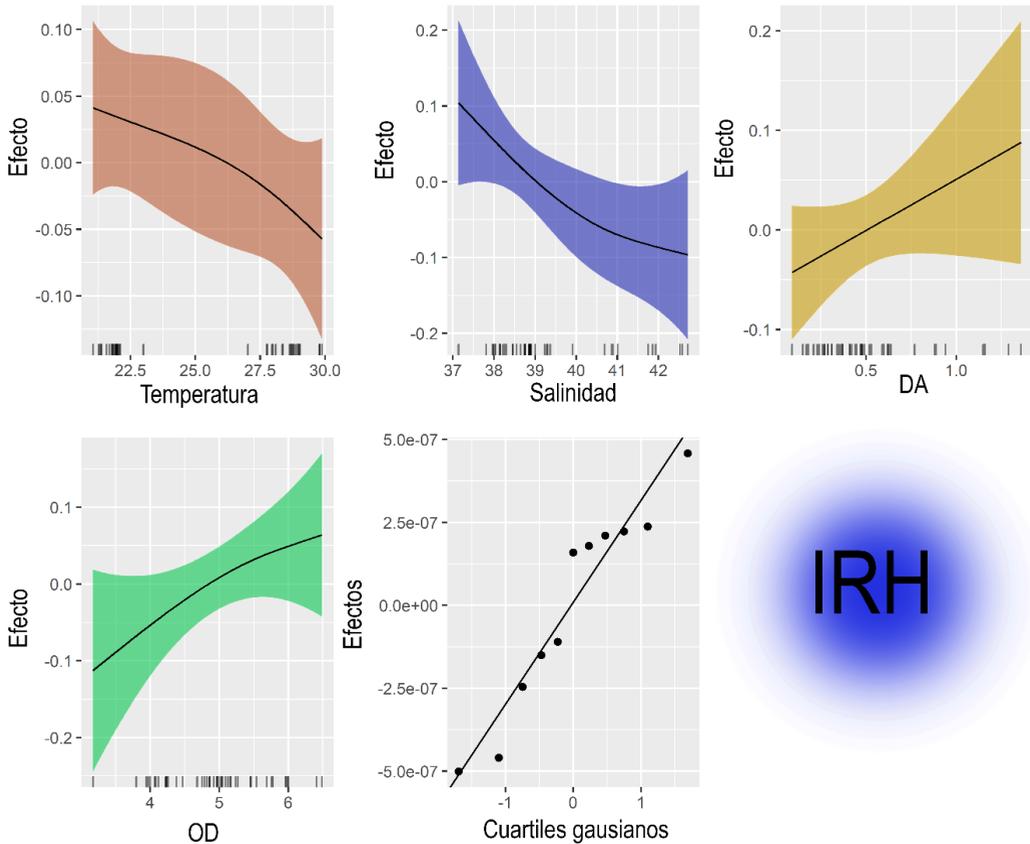


Figura 6. Modelo aditivo generalizado aplicado para cuantificar el impacto de las variables ambientales temperatura, salinidad, disponibilidad de alimento (DA), oxígeno disuelto (OD) y “sitio”, sobre el índice analítico de condición nutricional IRH (Índice de Refracción de la Hemolinfa), determinado para langostas *Panulirus argus* de la región de Caibarién, Cuba.

DISCUSIÓN

El elevado nivel de estrés ambiental al que se encuentra expuesta la región de Caibarién, posiblemente impone condiciones generalizadas de deterioro que homogéneamente hacen disminuir la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades biológicas. Uno de los aspectos en que se ha demostrado que se refleja este deterioro es en la abundancia y distribución de organismos bentónicos, incluyendo la afectación de pastos marinos (Martínez-Daranas, 2007; Martínez-Daranas

et al., 2021) y de la comunidad megazoobentónica, que potencialmente constituye alimento para las langostas (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2021a).

La contaminación costera, la construcción de pedraplenes y otras obras hidrotécnicas que limitan la circulación de las aguas y fragmentan el hábitat, y en adición a la pesca intensiva con redes de arrastre de fondo, han sido señalados entre los factores antrópicos de mayor impacto en el ASC, acentuado por aumento en la incidencia de factores naturales como los huracanes de gran intensidad (Baisre, 1985; Alcolado *et al.*, 2007; Martínez-Daranas *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos evidencian que no todas las variables ambientales que causan deterioro en las aguas de esta región condicionan variaciones significativas en la condición nutricional de las langostas. Queda sugerido, por tanto, que la magnitud y el carácter multifactorial del estrés ambiental, puede modificar el impacto que cada uno de los factores estresantes introduce en la fisiología y la conducta de los organismos. Cada nuevo factor que se suma a la sinergia modifica la magnitud en que influyen los otros y causa, sobre el organismo objeto, cambios que modifican la manera en que éste responde a la influencia de los factores previos. Bajo esta perspectiva, otros factores como la turbidez, los niveles de iluminación nocturna asociados al ciclo lunar, la abundancia de depredadores y el grado de producción primaria, pudieran estar, directa o indirectamente, induciendo variaciones en la condición nutricional de las langostas, por lo que pudieran considerarse en próximos estudios.

Los altos valores de salinidad obtenidos son ya característicos de esta región y su efecto negativo en las comunidades biológicas ha sido bien documentado (Alcolado *et al.*, 2007; Montalvo-Estévez *et al.*, 2008; Betanzos-Vega *et al.*, 2009, 2010, 2011, 2013). La temperatura no mostró diferencias significativas entre los años muestreados, aunque se apreció una ligera tendencia al ascenso entre 2011 y 2015 (últimos tres años). Esto podría tener relación con los reportes de calentamiento global, pero podría también ser un efecto local motivado por las características geográficas de la zona (aguas semicerradas) y los elevados niveles de impacto. Debido a que la temperatura no mostró diferencias entre sitios y no se marcó ninguna tendencia espacial, puede suponerse que sus variaciones y efectos son homogéneos en el área de muestreo y no impactan significativamente en la condición nutricional de las langostas, cuyas variaciones, en la escala espacial y temporal, deberán estar vinculadas a otros factores.

Uno de estos factores adicionales es la disponibilidad de alimento que, según los resultados del coeficiente de correlación de Spearman, mostró una asociación significativa con ambos índices de condición nutricional. No obstante, el Modelo Aditivo Generalizado, que vincula la interacción de varios factores, detectó un impacto significativo de DA sólo sobre K1c. Basado en los resultados de esta herramienta de la estadística multivariada, los factores ambientales que afectan a uno y otro índice son totalmente diferentes en esta región, siendo que el IRH fue afectado significativamente

sólo por las variaciones de salinidad, mientras que sobre Klc, además de la disponibilidad de alimento, las variaciones entre sitios y las del oxígeno disuelto tuvieron un significativo impacto. La mayor disponibilidad de alimento en la región de Caibairén se encontró en los sitios del borde de la plataforma, muestreados en 2015. En estos sitios, el mayor intercambio con aguas oceánicas y la lejanía de fuentes contaminantes propicia un mejor desarrollo de la comunidad bentónica y, por tanto, valores relativamente mayores de disponibilidad de alimento (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2021b; Martínez-Daranas *et al.*, 2021). Aunque estos valores contribuyen a la descripción de la región y se promediaron como tal, no se corresponden con la condición en extremo deteriorada que ha sido reportada en las bahías y aguas interiores de todo el ASC (Alcolado *et al.*, 2007; Montalvo-Estévez *et al.*, 2008; Betanzos-Vega *et al.*, 2009, 2011, 2013, 2015; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2021b; Martínez-Daranas *et al.*, 2021). La exclusión de estos sitios de borde, muestreados en 2015, resulta en un promedio de disponibilidad de alimento (DA = 0.36) 19 % menor al obtenido incluyendo todos los sitios. Esto ratifica la degradación ambiental descrita en las aguas interiores del ASC y demuestra lo reportado respecto a la mejor condición de los sitios del borde de la plataforma.

El oxígeno disuelto en esta plataforma no mostró diferencias significativas entre las épocas Lluvia y Seca, a pesar de que la temperatura, uno de los factores cuyo ascenso condiciona la disminución de OD, resultó mayor en época de Lluvia. Esto puede deberse, en primer lugar, a que los florecimientos de fitoplancton, reportados al final del período lluvioso en cuerpos de agua semicerrados de Cuba (Moreira *et al.*, 2007, 2014; Seisdedo-Losa *et al.*, 2021), condicionan el aumento, o en este caso, la no disminución de los niveles de oxígeno disuelto. En segundo lugar, debe mencionarse que no sólo la temperatura influye en los niveles de oxígeno disuelto. La concentración de nutrientes, que se reporta como alta en esta región y que en alguna medida pudiera favorecer los florecimientos de fitoplancton en el período lluvioso, también puede influir en que los niveles de oxígeno disuelto aumenten o se mantengan aún en condiciones de mayor temperatura (Bustamante-López *et al.*, 2016; Seisdedo-Losa *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

El índice morfométrico de condición nutricional Klc, y el índice analítico de refracción de la hemolinfa, expresan distinta información y son sensibles a diferentes impactos en escalas variadas de tiempo. En la escala espacial, sin embargo, ambos índices detectan cambios significativos incluso entre sitios a sólo 5 km de distancia. Aunque las variables abióticas pueden tener un impacto sobre la fisiología de las langostas, en el hábitat natural, parece ser la disponibilidad de alimento la que tiene una mayor influencia en la condición nutricional de *P. argus*.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no hubiese sido posible sin la colaboración de los trabajadores y directivos de la empresa pesquera de Caibarién, en especial de los biólogos Samuel y Evelyn, y los tripulantes de embarcaciones como La Lambada y la flota langostera en general. Se agradece también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México), por el apoyo económico recibido durante la etapa de doctorado en la que se concretó este trabajo. No podría faltar al agradecimiento a los amigos y colegas del Centro de Investigaciones Pesqueras, que incondicionalmente colaboraron durante los muestreos y el procesamiento en laboratorio.

REFERENCIAS

- Alcolado PM, Espinosa J 1996. Empleo de las comunidades de moluscos marinos de fondos blandos como bioindicadores de la diversidad del megazoobentos y de la calidad ambiental. *Iberus*, 14:79-84.
- Alcolado PM, Espinosa J, Martínez-Estalella N, Ibarzábal D, del Valle R, Martínez-Iglesias JC, Abreu M, Hernández-Zanuy A. 1998. Prospección del megazoobentos de los fondos blandos del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Avicennia*, 8/9:87-104.
- Alcolado PM, García EE, Espinosa N. 1999. Protecting biodiversity and establishing sustainable development in the Sabana-Camagüey Ecosystem. GEF/PNUD Project Sabana-Camagüey CUB/92/G31, Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba.
- Alcolado PM, García EE, Arellano-Acosta ME 2007. Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad. Editorial Academia, La Habana, Cuba.
- Alzugaray, R., Puga R, Piñeiro R, de León ME, Cobas LS, Morales O. 2018. The Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery in Cuba: current status, illegal fishing, and environmental variability. *Bulletin of Marine Science*, 94(2): 393-408. DOI: 10.5343/bms.2016.1126.
- Baisre JA 1985. Los complejos ecológicos de pesca: definición e importancia en la administración de las pesquerías cubanas. *FAO Fishery Report* 327:251–272.
- Betanzos-Vega A, Arencibia G, Delgado G, Nodar R 2009. Caracterización de la calidad del agua al norte de Villa Clara, Cuba, para definir zonas de cultivo del ostión de mangle (*Crassostrea rhizophorae*, Guilding, 1828). *Ecotoxicología y Contaminación Ambiental*, 1(4): 1-9.
- Betanzos-Vega A, Siam-Lahera C, Arencibia-Carballo G 2010. Variación de la salinidad y su relación con la distribución por talla del ostión de mangle en Villa Clara, Cuba. *Rev. Cub. Invest. Pesq.*, 27(1):41-46.
- Betanzos-Vega A, Capetillo-Piñar N, Lopeztegui-Castillo A 2011. Variaciones de la turbidez en aguas marinas costeras de la región norcentral de Cuba. *UNACAR Tecnociencia*, 5(2):14-6.

- Betanzos-Vega A, Capetillo-Piñar N, Lopeztegui-Castillo A, Martínez-Daranas B 2013. Variación espacio-temporal de la turbidez y calidad en cuerpos de agua marina de uso pesquero, región norcentral de Cuba, 2008-2010. *Serie Oceanológica*, 12:24-35.
- Betanzos-Vega A, Capetillo-Piñar N, Lopeztegui-Castillo A, Martínez-Daranas B, Arencibia-Carballo G 2015. Calidad ambiental de hábitats críticos para recursos pesqueros al norte de Villa Clara, archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Boletín electrónico El Bohío*, 5(6):23-34.
- Bustamante-López C, Carmenate M, Lugioyo GM, Loza S 2016. Comunidades fitoplanctónicas indicadoras del estado trófico en las Playas del Este, La Habana, Cuba. *Rev. Cienc. Mar. Cost.*, 8(2):75-92. <https://doi.org/10.15359/revmar.8-2.5>.
- Espinosa J, Herrera A, Brito R, Díaz E, González G, Ibarzábal D, Gotera G 1990. Los moluscos en la dieta de la langosta del Caribe *Panulirus argus* (Crustacea: Decapoda). *Iberus*, 9(1-2):127-140.
- Fernández-Vila LJ, Chirino-Núñez AL 1993. Atlas Oceanográfico de las aguas del Archipiélago de Sabana-Camagüey. Instituto Cubano de Hidrografía, La Habana, Cuba.
- González-Díaz P 2015. Manejo integrado de zonas costeras en Cuba: Estado actual, retos y desafíos. Ediciones Imagen Contemporánea, La Habana, Cuba.
- Herrera A, Díaz E, Brito R, González G, Gotera G, Espinosa J, Ibarzábal D 1991. Alimentación natural de la langosta *Panulirus argus* en la región de los Indios (Plataforma SW de Cuba) y su relación con el bentos. *Rev. Invest. Mar.*, 12(1-3):172-182.
- Lopeztegui-Castillo A, Martínez-Coello D, Abitia-Cárdenas LA 2021a. Benthic index for estimating food availability in two soft bottoms fishing areas. *Thalassas*, 37(2):487-495. <https://doi.org/10.1007/s41208-021-00341-0>.
- Lopeztegui-Castillo A, Capetillo-Piñar N, Betanzos-Vega A, Martínez-Daranas B, Martínez-Coello D, Abitia-Cárdenas LA 2021b. Space-time variations of megazoobenthos subject to natural and anthropogenic impacts in two Cuban bays: evidence of recovery? *Lat Am J. Aquat Res.*, 49(1):97-109. <https://doi.org/10.3856/vol49-issue1-fulltext-2542>.
- Martínez-Coello D, Lopeztegui-Castillo A, Amador-Marrero U 2015. Diferencias entre sexos en la composición de la dieta natural de la langosta *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) al este del golfo de Batabanó, Cuba. *Research journal of the Costa Rican Distance Education University*, 7(2):269-277. <https://doi.org/10.22458/urj.v7i2.1153>.
- Martínez-Daranas B 2007. Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. Doctoral thesis, The University of Havana, Cuba.
- Martínez-Daranas B, Betanzos-Vega A, Lopeztegui-Castillo A, Capetillo-Piñar N, Castellanos-Iglesias S 2021. Influence of several stressful factors on the condition of seagrasses at Sabana-Camagüey Archipelago, Cuba. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 47:101939. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101939>.

- Montalvo-Estévez JF, García I, Loza S, Esponda SC, César ME, González de Zaya R, Hernández L 2008. Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Serie Oceanológica*, 4:71-84.
- Moore LE, Smith DM, Loneragan NR 2000. Blood refractive index and whole-body lipid content as indicators of nutritional condition for penaeid prawns (Decapoda: Penaeidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 244:131-143. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(99\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(99)00127-6).
- Moreira AR, Seisdedo M, Leal S, Comas A, Delgado G, Regadera R, Alonso C, Muñoz A, Abatte M (2007) Composición y abundancia del fitoplancton de la bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2):97-109.
- Moreira AR, Seisdedo M, Muñoz A, Comas A, Alonso C 2014. Spatial and temporal distribution of phytoplankton as indicator of eutrophication status in the Cienfuegos Bay, Cuba. *J. Integr. Coast. Zone Manag.*, 4(4):597-609. <https://doi.org/10.5894/rgci506>.
- Mouso-Batista MM, Ochoa-Avila MB, Reyes-Pupo R 2019. El manejo integrado del sector costero Caletones en Cuba. *Ecosistemas*, 28(3):160-166. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1691>.
- Puga R, Piñeiro R, Alzugaray R, Cobas LS, de León ME, Morales O (2013) Integrating anthropogenic and climatic factors in the assessment of the Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) in Cuba: Implications for fishery management. *Int. J. Mar. Sci.*, 3(6):36-45. <https://doi.org/10.5376/ijms>.
- Seisdedo-Losa M, Moreira-González AR, Valle-Pombrol A, Comas-González A, Barcia-Sardiñas S 2021. Influence of the drought period 2014-2017 on the water quality and occurrence of harmful algal blooms in Cienfuegos Bay (Cuba). *Pan-Am. J. Aquat. Sci.*, 16(1):5-19.



Estimación del ciclo reproductivo por medio de índices morfofisiológicos del gasterópodo, *Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815), de la pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca, México

Estimation of the reproductive cycle by morphophysiological indices of the gastropod *Opeatostoma pseudodon* (Burrow, 1815) from the artisanal fishery at Puerto Ángel, Oaxaca, Mexico

Verónica Mitsui Saito-Quezada *, Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte
Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza,
Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, México

Verónica Mitsui Saito-Quezada   vmsaitoquezada@comunidad.unam.mx

RESUMEN | El estudio de los índices morfofisiológicos, es fundamental y resultan ser complementarios para los estudios de reproducción. Además, son útiles para caracterizar el ciclo sexual y para determinar el estado de salud del organismo como respuesta al estrés. Los valores de estos índices están basados en medidas de la masa corporal tales como: el peso del cuerpo (total y eviscerado), el peso de las gónadas, el peso del hígado y otras estructuras análogas en organismos invertebrados, considerando la talla (longitud) del organismo. Se analizaron 841 individuos (441 machos y 400 hembras) recolectados del 23 de agosto de 2013 al 01 de abril de 2016. Los valores de los índices se calcularon mensualmente y se compararon con la temperatura y la cantidad de clorofila a. Se observó que los valores bajos de condición se asociaron con altos de temperatura y que valores altos de condición ocurrieron después o durante los altos de clorofila a. En conclusión, los índices morfofisiológicos sugirieron buena condición durante los meses cálidos del año (abril, junio, agosto, septiembre) y bajos en los meses fríos (noviembre a marzo). Los valores altos del índice de gónada-glándula indicaron un periodo reproductivo durante la parte fría del año (noviembre a marzo), con reposo y recuperación de abril a octubre. Respecto a los valores promedios ajustados por longitud de concha también sugieren un evento reproductivo en la estación fría del año. Finalmente, los índices suavizados (Factor de Condición relativa e Índice Gónada-Glándula) mostraron claramente un evento reproductivo durante los meses fríos del año (noviembre a febrero). La comparación de los índices de condición y reproductivos tanto en machos como en hembras con la

Palabras clave | Índice de condición, índice gonadosomático, medias ajustadas, pesca artesanal, gasterópodo, ciclo reproductivo.

temperatura y concentración de clorofila mostraron una maduración durante los meses cálidos y un evento reproductivo en los meses fríos del año.

ABSTRACT | The study of morphophysiological indices is fundamental and they are complementary to reproductive studies. Furthermore, these indices are useful for sexual cycle characterization and for determining the health condition of the organism in response to stress. The values of these indices are based on body mass measures as: body (total and eviscerated), gonad, liver weights and other analog structures of invertebrates organisms, considering the individual's size (length). A total of 841 individuals were analyzed (441 males and 400 females) collected from August 23rd 2013 to April 1st 2016. Indices values were estimated monthly and compared with sea surface temperature and chlorophyll *a* concentration. It was observed that low condition values were correlated with high temperatures and that high condition occurred during and after high chlorophyll *a* concentration events. In conclusion, morphophysiological indices suggested good conditions during warm months (April, June, August, and September) and low during cooler ones (November to March). High gonad-gland indices indicated a reproductive period during the cooler part of the year (November to March), with resting and recovering stages from April to October. The shell length-adjusted mean values suggested another reproductive event during the cool season. Finally, the smoothed indices (Relative condition and Gonad-gland) showed a reproductive period from November to February. Condition and reproductive indices, in both males and females, compared with sea surface temperature and chlorophyll concentration, showed gonadic maturation during warm months and a reproductive event at the cooler months of the year.

Keywords |

Condition index,
gonadosomatic index,
artisanal fishing,
gastropod,
reproductive cycle.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la reproducción es un tópico fundamental en pesquerías y, para su estudio, se han establecido varios métodos, desde procedimientos histológicos detallados hasta índices derivados de medidas corporales (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Webber y Giese (1969) mencionan que, en gasterópodos, el índice de condición es un buen indicador del estado de madurez ya que estos organismos no almacenan sus reservas en la gónada, sino en la glándula digestiva y el músculo. En algunos gasterópodos la gónada está embebida en la glándula digestiva como es el caso de *Haxaplex truculus* (Vasconcelos *et al.* 2008; Gharsallah *et al.* 2010; Elhasni *et al.* 2010), *Turbinella angulata* (Santos-Valencia *et al.* 2009). Por otro lado, los estudios realizados en *Opeatostoma pseudodon* en Puerto Ángel, Oaxaca, México, son muy escasos y sólo se registra la presencia de la especie en la región. Sin embargo, esta especie es capturada para consumo local y turístico, de manera que el

objetivo de este estudio fue estimar los índices morfofisiológicos para precisar el ciclo reproductivo del gasterópodo *O. pseudodon*, información clave en un aprovechamiento sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 774 individuos de los cuales 389 fueron hembras y 385 machos del gasterópodo, recolectados durante 4 años del 23 de agosto 2013 al 1 de abril 2016. Además, se obtuvo la interpretación de los índices al compararlos con la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila *a*.

Para estimar el **Índice de Condición Relativa (*FCr*)** se consideró el peso total observado expresado en relación con el peso corporal calculado por la relación longitud-peso de cada individuo en la muestra. Esto permitió tener el seguimiento del grado de bienestar de los individuos en el periodo de estudio.

El **Índice Gonadosomático (*IGS*)** modificado se estimó como, peso de la espiral visceral (gónada más glándula digestiva *IGS*) expresado como un porcentaje del peso corporal (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Vasconcelos *et al.* 2012).

Como alternativa a los índices morfofisiológicos (condición relativo e *IGS*) se utilizó el **Análisis Multivariado de Covarianza (ANMUCOVA)** y se analizaron las medias mensuales ajustadas por tamaño (longitud como covariada) de los pesos de gónadas, equivalente al peso del callo y el peso de las partes blandas (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte, 1995; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Dado que el peso de la parte muscular fue tomado de dos maneras diferentes, se procedió a obtener la relación no lineal de cada estimación con el largo de la concha y se descontaron de los valores observados para trabajar con medidas equivalentes.

Para una mejor interpretación de los índices se realizó una suavización de los valores.

RESULTADOS

Se inició con el análisis de los índices morfofisiológicos. Se presentan los índices de *FCr* (peso observado/ peso relación longitud-talla) y *IGG* (peso espiral visceral / peso total) y el índice de la parte muscular (residuos peso callo / peso total).

Factor de condición relativa

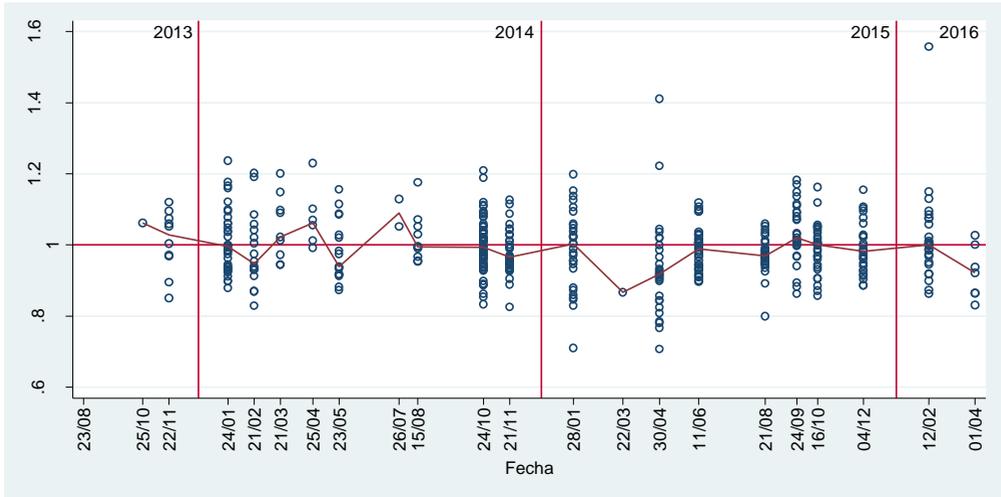


Figura 1.- FCr para los machos por fecha de colecta. La línea une los valores medianos de cada colecta.

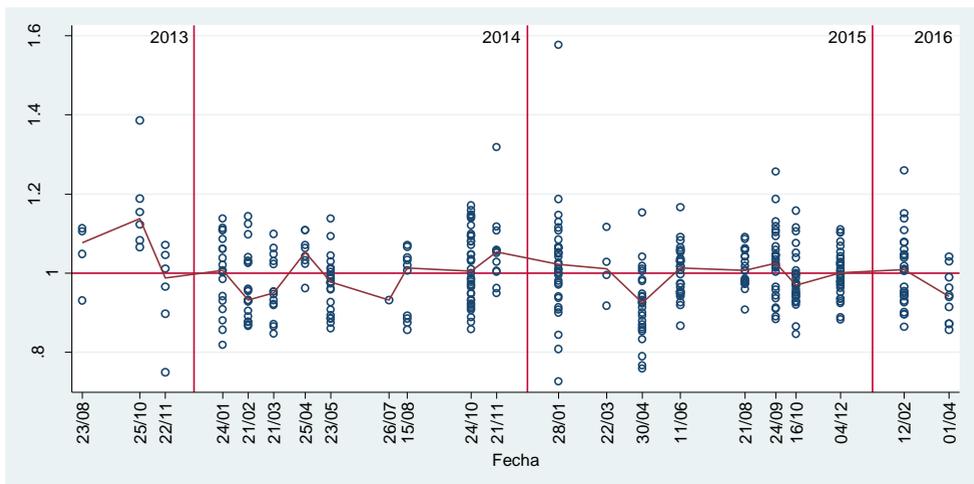


Figura 2.- FCr para las hembras por fecha de colecta. La línea une los valores medianos de cada colecta.

Índice Gonadosomático

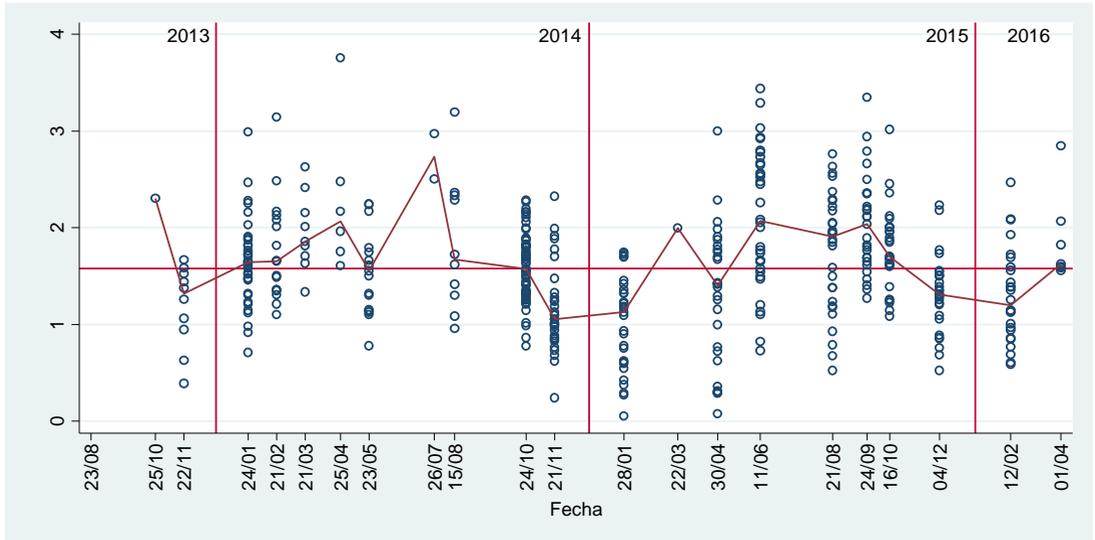


Figura 3.- IGS para los machos por fecha de colecta. La línea une los valores medianos de cada colecta.



Figura 4.- IGS para las hembras de por fecha de colecta. La línea une los valores medianos de cada colecta.

Análisis multivariado de covarianza

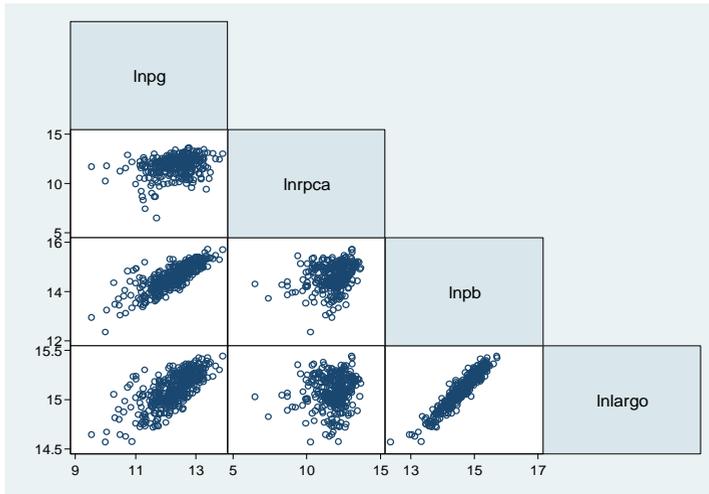


Figura 5.- Matriz de gráficos de dispersión (mitad) para los datos de los machos; Inpg = Logaritmo natural del peso de gónada; Inrpca = Logaritmo natural de los residuales de peso músculo (callo); Inpb = Logaritmo natural del peso de partes blandas; Inlargo = Logaritmo natural del largo de la concha.

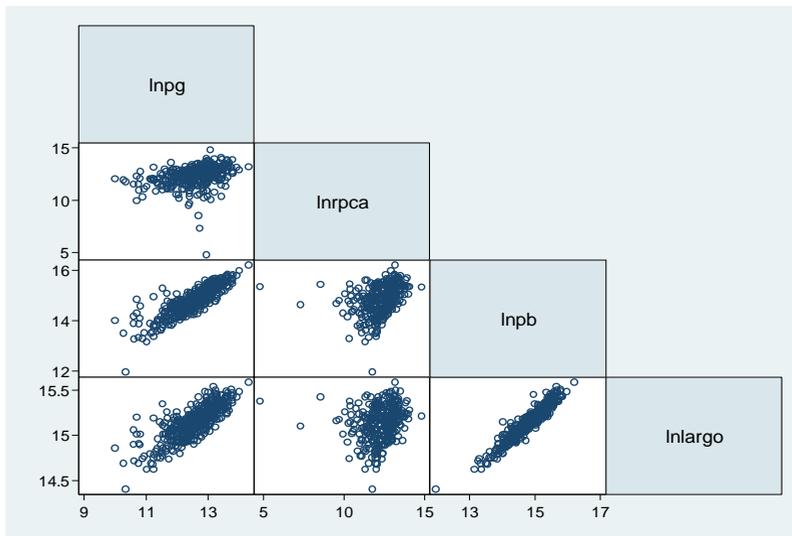


Figura 6.- Matriz de gráficos de dispersión (mitad) para los datos de las hembras; Inpg = Logaritmo natural del peso de gónada; Inrpca = Logaritmo natural de los residuales de peso músculo (callo); Inpb = Logaritmo natural del peso de partes blandas; Inlargo = Logaritmo natural del largo de la concha.

Tabla 1 Análisis Multivariado de Covarianza para datos de machos, $N = 315$

Fuente	Criterio		gl	gfl	F	P	
Modelo	W	0.0163	38	(114,824.6)	21.38	0.0000	a
	P	1.5253		(114,831)	7.54	0.0000	a
	L	31.2472		(114,821)	75.01	0.0000	a
	R	30.4234		(38,277)	221.77	0.0000	u
Residual			277				
Fecha	W	0.7442	11	(57,830.8)	1.50	0.0000	a
	P	0.2802		(57,831)	1.50	0.0000	a
	L	0.3119		(57,821)	1.50	0.0000	a
	R	0.1454		(19,277)	2.12	0.0000	u
Ln Largo	W	0.2680	1	(3,275)	250.38	0.0000	e
	P	0.7320		(3,275)	250.38	0.0000	e
	L	2.7315		(3,275)	250.38	0.0000	e
	R	2.7315		(3,275)	250.38	0.0000	e
Días#lnlargo	W	0.7474	18	(54,820.2)	1.56	0.0073	a
	P	0.2762		(54,831)	1.56	0.0072	a
	L	0.3072		(54,821)	1.56	0.0075	a
	R	0.1454		(18,277)	2.24	0.0031	u
Residual			277				
Total			315				
e = exacto, a = aproximado, u = límite superior en F							

El diseño preliminar del análisis de varianza mostró que tanto para hembras como machos la interacción entre la covariada (largo de la concha) y el factor (fecha de colecta) fue significativa, por

lo que se procedió al análisis con la interacción. Los resultados se presentan en las Tablas 1 (machos) y 2 (hembras).

Tabla 2. Análisis Multivariado de Covarianza para datos de hembras, $N = 315$

Fuente	Criterio		Gl	gfl	F	P	
Modelo	W	0.0160	41	(123,860.8)	20.82	0.0000	a
	P	1.4795		(123,867)	6.86	0.0000	a
	L	33.8504		(123,857)	78.62	0.0000	a
	R	33.1215		(41,289)	233.47	0.0000	u
Residual			289				
Fecha	W	0.7157	21	(63,857.5)	1.61	0.0023	a
	P	0.3061		(63,867)	1.56	0.0042	a
	L	0.3676		(63,857)	1.67	0.0012	a
	R	0.2678		(21,289)	3.68	0.0000	u
Ln Largo	W	0.1015	1	(3,287)	846.61	0.0000	e
	P	0.8985		(3,287)	846.61	0.0000	e
	L	8.8496		(3,287)	846.61	0.0000	e
	R	8.8496		(3,287)	846.61	0.0000	e
Días#lnlargo	W	0.7399	18	(54,820.2)	1.56	0.0073	
	P	0.2777		(54,831)	1.56	0.0072	
	L	0.3281		(54,821)	1.56	0.0075	
	R	0.2391		(18,277)	2.24	0.0031	
Residual			277				
Total			315				
e = exacto, a = aproximado, u = límite superior en F							

Los resultados del ANMUCOVA se presentan resumidos en las Figuras 7 (machos) y 8 (hembras).

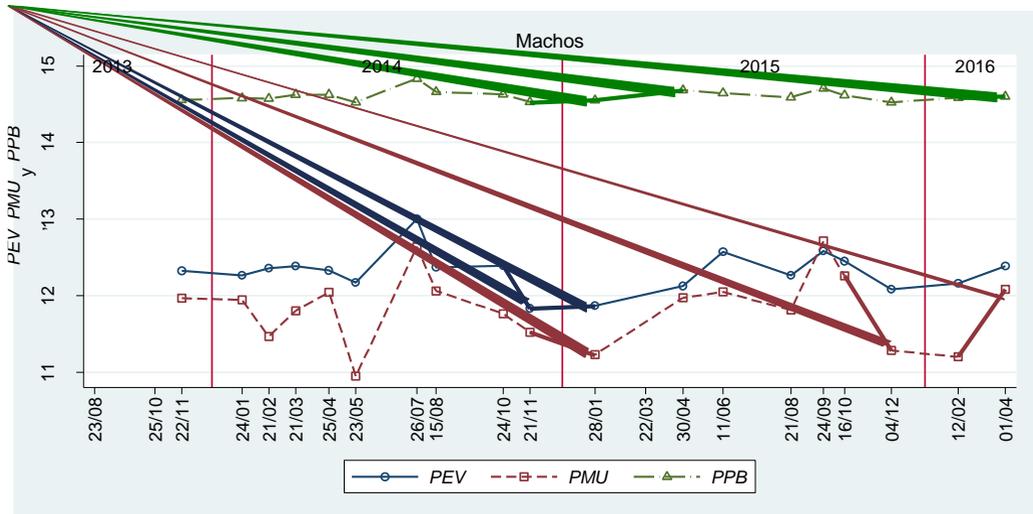


Figura 7.- Medias ajustadas por covariada (Largo de la concha) de la espiral gonadal, peso del músculo (callo) y peso de las partes blandas (en escala logarítmica) por fecha de colecta para los machos. Las flechas indican sentido y significancia estadística del cambio de una fecha a otra.

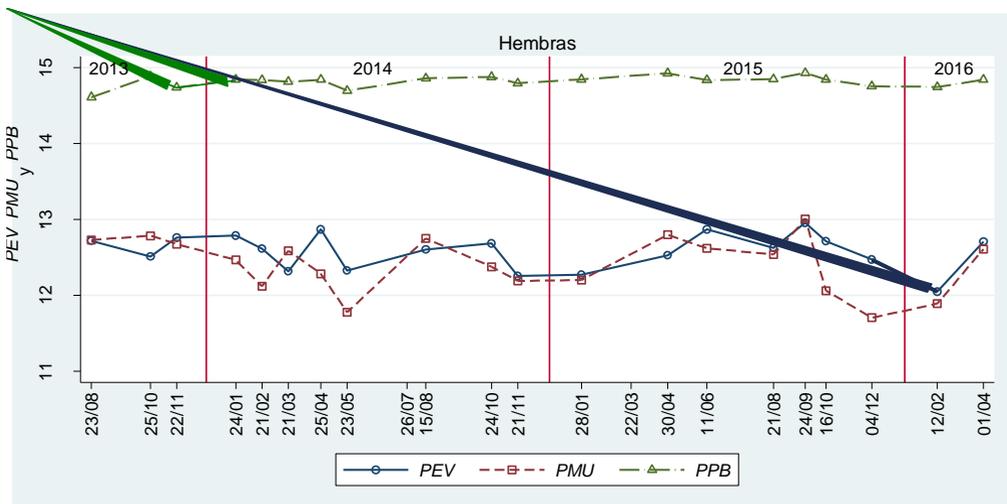


Figura 8.- Medias ajustadas por covariada (Largo de la concha) de la espiral gonadal, peso del músculo (callo) y peso blando (en escala logarítmica) por fecha de colecta para las hembras. Las flechas indican sentido y significancia estadística del cambio de una fecha a otra.

Valores suavizados

En las Figuras 9 y 10 se presenta una comparación entre el Factor de Condición relativa (FCr) con el Índice Gonadosomático (IGS) para las hembras y los machos (respectivamente).

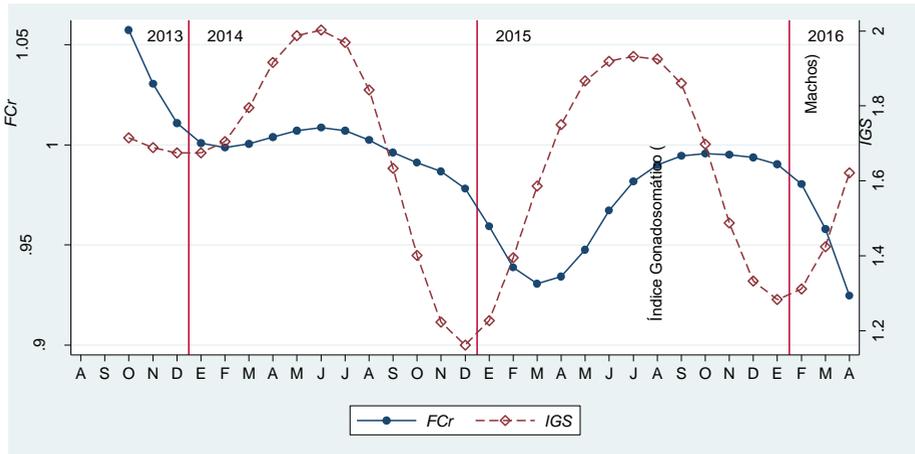


Figura 9.- Comparación de valores suavizados (4253EH,doble) del Factor de Condición Relativa e Índice Gonadosomático por fecha de colecta para los machos.

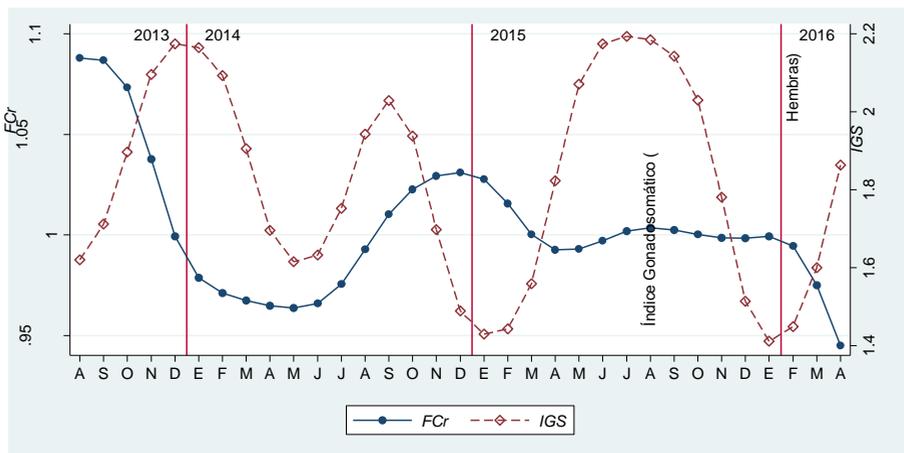


Figura 10.- Comparación de valores suavizados (4253EH,doble) del Factor de Condición Relativa e Índice Gonadosomático por fecha de colecta para las hembras.

Comparación de índices con Temperatura superficial y Concentración de Clorofila *a*

A continuación, se presentan los valores suavizados de Factor de Condición Relativa con la temperatura superficial del océano y la concentración de clorofila *a* en la zona. Figura 11 (machos) y figura 12 (hembras).

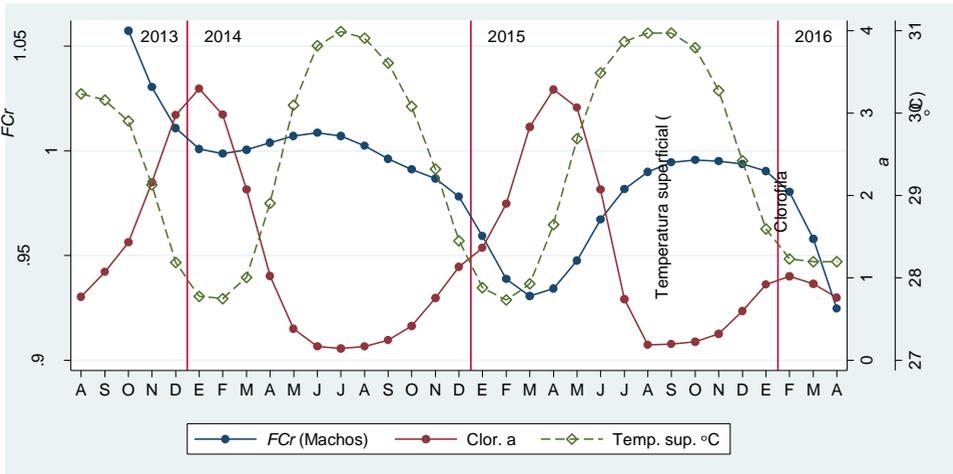


Figura 11.- FCr, Temperatura superficial y Concentración de Clorofila *a* por fecha de colecta para machos.

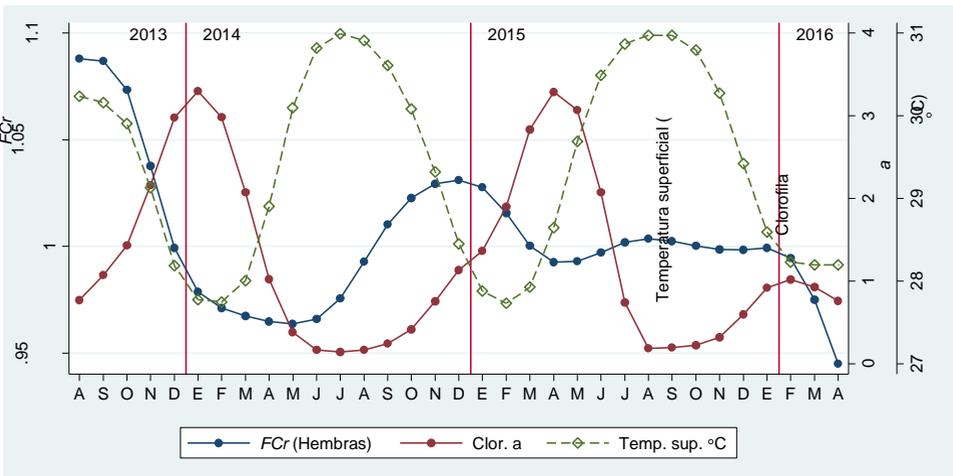


Figura 12. FCr, Temperatura superficial y Concentración de Clorofila *a* por fecha de colecta para hembras.

A continuación, se presentan los valores suavizados de los índices morfofisiológicos con la temperatura superficial del océano y la concentración de clorofila a en la zona. Figura 13 (machos) y figura 14 (hembras).

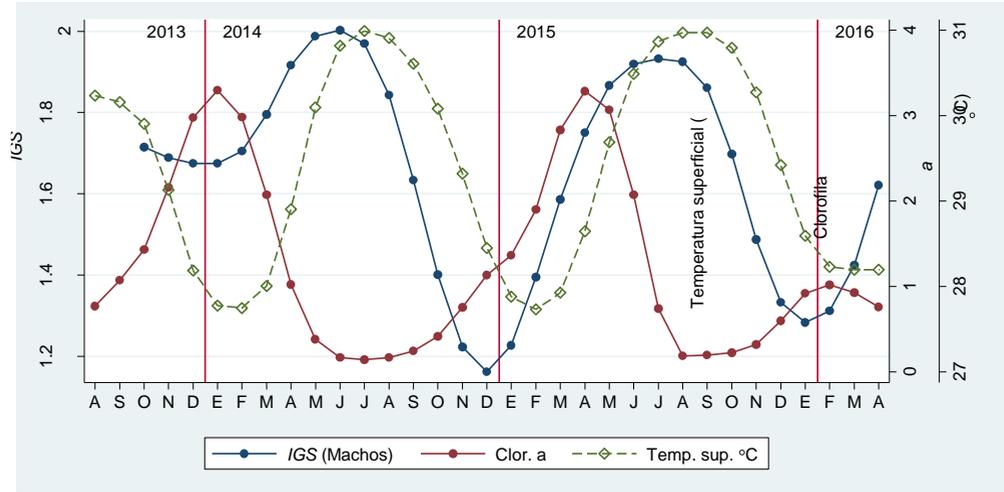


Figura 13. IGS, Temperatura superficial y Concentración de Clorofila a por fecha de colecta para machos.

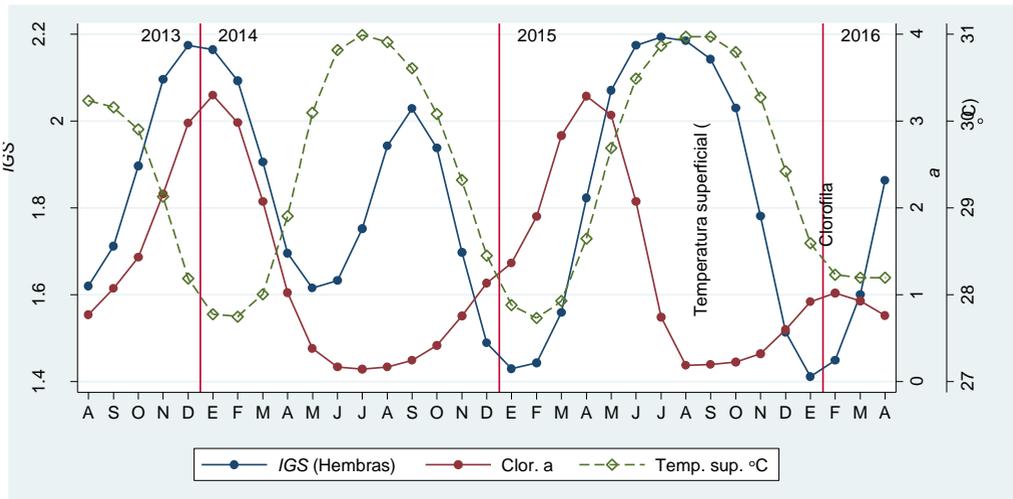


Figura 14. IGS, Temperatura superficial y Concentración de Clorofila a por fecha de colecta para hembras.

En las Figuras 15 (machos) y 16 (hembras) se muestra una comparación entre las tendencias suavizadas del Factor de Condición Relativa y el Índice Gonadosomático.

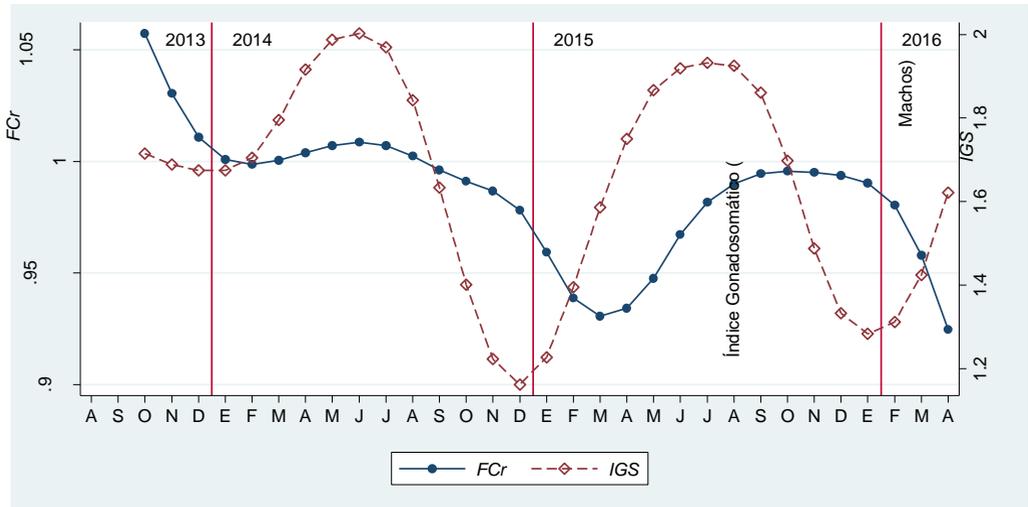


Figura 15. Comparación de las tendencias del FCr y del IGS en los machos.

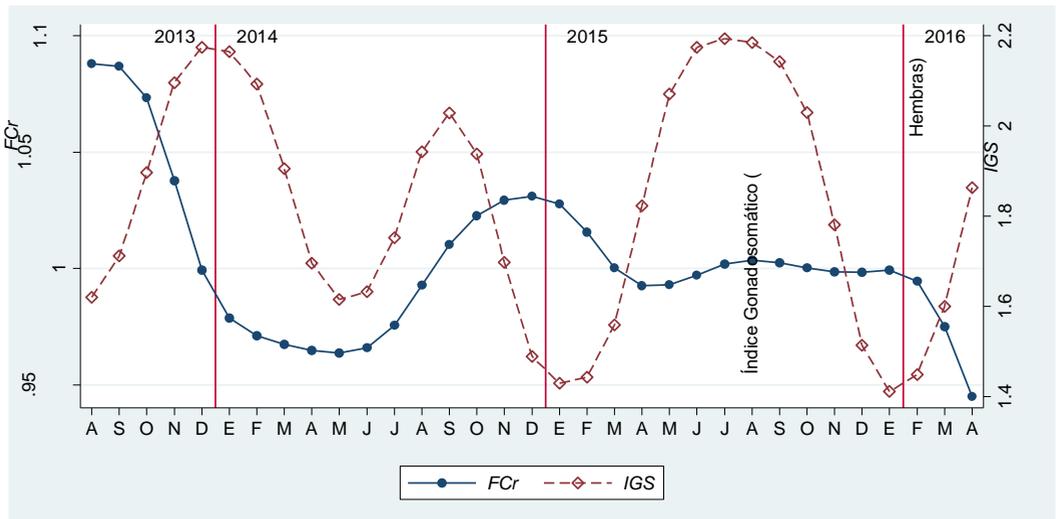


Figura 16. Comparación de las tendencias del FCr y del IGS en las hembras.

CONCLUSIONES

(1). - El uso del complejo gónada-glándula digestiva resultó ser el más adecuado para el análisis de índices morfofisiológicos. (2). - De acuerdo con el índice gónada-glándula IGG, tanto el total de la muestra como en sexos separados el desove se presentó en temporadas de estío y frías. (3). - El peso del callo (Pie) es indicado para calcular la condición, por ende, para realizar el análisis del índice de condición IC. (4). - Se mostró sincronía en IGS en el análisis de los sexos por separado. (5). - En el análisis de IC, los valores medios relativamente altos de IGS se presentaron en los meses cálidos y una disminución de octubre a febrero, observándose sincronía en los sexos. (6). - El análisis multivariado de covarianza mostró que el peso de la gónada-glándula digestiva disminuía de noviembre a enero. (7). - El desove se presenta de noviembre a enero de acuerdo con el IGS y ANMUCOVA. (8). - La suavización confirma de manera significativa el comportamiento de los índices morfofisiológicos. (9). - Los índices morfofisiológicos sugieren buena condición durante los meses cálidos del año (abril, junio, agosto, septiembre) y bajos en los meses fríos (noviembre a marzo). Los valores altos del índice de gónada-glándula sugieren un periodo reproductivo durante la parte fría del año (noviembre a marzo), con reposo y recuperación de abril a octubre. (10). - Los valores promedio ajustados por longitud de concha también sugieren un evento reproductivo en la temporada fría del año. (11). - Los índices suavizados (Factor de Condición relativa e Índice Gónada-Glándula) sugieren claramente un evento reproductivo durante los meses fríos del año (noviembre a febrero). (12). - La comparación de los índices de condición y reproductivos, tanto en machos como en hembras, con la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila a , soportan la hipótesis de ocurrencia de una maduración gonadal durante los meses cálidos y un evento de desove reproductivo en los meses fríos del año.

Agradecimientos

En el desarrollo de las actividades que se presentan en este trabajo, se recibió apoyo de: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (215996/207161), la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, a través del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (proyectos PE206213, RL200316, PE207417, PE209120 y PE204822), y del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (proyecto IG201215) y de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

Elhasni K., Ghorbel M., Vasconcelos P., Othman J. 2010. Reproductive cycle and size at first sexual maturity of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) in the Gulf of Gabès (southern Tunisia), *Invertebrate Reproduction and Development*, 54(4):213-225.

- García-Berthou E., Moreno-Amich R. 1993. Multivariate Analysis of Covariance in Morphometric Studies of the Reproductive Cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50:1394-1399.
- Gharsallah H.I., Vasconcelos P., Zamouri-Langar N., Missaoui H. 2010. Reproductive cycle and biochemical composition of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) from Bizerte lagoon, northern Tunisia. *Aquat. Biol.*, 10:155-166.
- Salgado-Ugarte I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. ENEP Zaragoza UNAM y Marc ediciones, México: 243 p.
- Salgado-Ugarte I.H., Gómez-Márquez J.L., Peña-Mendoza B. 2005. Métodos Actualizados para Análisis de Datos Biológicos-Pesqueros. F.E.S., Zaragoza, U.N.A.M., México. 240 p.
- Santos-Valencia J., Martínez I., Enriquez D.M., Aldana A. D. 2009. Ciclo reproductor de *Turbinella angulate* (Mollusca: Gastropoda) en Campeche, Golfo de México. *Proceedings of 62, Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Nov. 2, 408-414.
- Vasconcelos P., Lopes B., Castro M., Gaspar M.B. 2008. Comparison of indices for the assessment of reproductive activity in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae). *Marine Biology Research*, 4:392-399.



Caracterización de la actividad pesquera en la Laguna de Zapotlán, Jalisco, México

Characterization of the fishing activity in Zapotlan Lagoon, Jalisco, México

Aurora Berenice Gutiérrez-Cedillo^{1,2*}, J. Guadalupe Michel Parra²,
Oziel Dante Montañez Valdez².

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Sur, Maestría en Administración de Negocios, Jalisco, México,

²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Sur, Centro de Investigación Lago de Zapotlán y Cuencas, Jalisco, México.

Aurora Berenice Gutiérrez-Cedillo   auro_bere15@hotmail.com

RESUMEN | La seguridad alimentaria es el acceso físico y económico a alimentos inocuos y nutritivos con la finalidad de satisfacer las necesidades alimentarias para mejorar la calidad de vida de las personas. En los últimos años se incrementó la demanda de proteína de origen animal para la alimentación. La pesca y acuicultura proveen recursos alimenticios nutritivos y generan empleo, por lo que deben desarrollarse de manera sustentable para disminuir su impacto y riesgos ambientales en los ecosistemas. México es un país megadiverso y ocupa el 5to. lugar a nivel mundial por albergar al 70% de biodiversidad. El trabajo se realizó en la “Laguna de Zapotlán” al sur de estado de Jalisco, México en la sociedad cooperativa pesquera “Pescadores de Gómez Farías”, es un estudio mixto, se recolectó información de fuentes primarias, secundarias y se utilizaron instrumentos como entrevistas, encuestas, análisis documental, diario de campo y observación. La pesca realizada en la “Laguna de Zapotlán” se efectúa por dos sociedades cooperativas: “Pescadores de Gómez Farías” y “Puerta de la Laguna” con 64 pescadores en total; los métodos y artes de pesca utilizados son redes agalleras de 3 ½ pulgadas para capturar peces de >300 g. y embarcaciones de fibra de vidrio de 14 pies impulsadas con remo; las principales especies capturadas son tilapia y carpa, se captura en promedio por pescador de 20-30 kg por día y una producción mensual de ± 32 t. Se concluye que la pesca artesanal es una actividad que se realiza en la “Laguna de Zapotlán” Sitio Ramsar, lo cual constituye un servicio ecosistémico al proveer de alimento básico al hombre. Ello contribuye a los Objetivos del

Palabras clave |

Caracterización pesquera,
pesca artesanal,
Laguna de Zapotlán

Desarrollo Sustentable (ODS) y a la Cruzada Nacional Alimentaria, al brindar una proteína de origen animal rica en vitaminas, minerales y ácidos grasos insaturados, siendo una de las actividades de suma importancia y trascendencia en la región sur del estado de Jalisco y al alcance de todos los estratos sociales.

ABSTRACT | Food security is physical and economic access to safe and nutritious food to meet food needs to improve people’s quality of life. In recent years, the demand for animal protein for food has increased. Fishing and aquaculture provide nutritious food resources and generate employment, so they must be developed in a sustainable manner to reduce their impact and environmental risks in ecosystems. Mexico is a mega-diverse country and occupies the 5th world-wide place by hosting 70% of biodiversity. This study aims to characterize the fishing activity in Zapotlan Lagoon, in the southern state of Jalisco Mexico. The work was carried out in the cooperative fishing society “Pescadores de Gomez Farias”, a mixed study, collecting information from primary and secondary sources, and used instruments such as interviews, surveys, documentary analysis, field diary and observation. Fishing in Zapotlan Lagoon is carried out by two cooperative societies: “Pescadores de Gomez Farias” and “Puerta de la Laguna” with 64 fishermen in total. The fishing method and gear used was 3-inch gillnets to catch fish >300 g and 14-foot fiberglass rowing boats. The main species captured were tilapia and carp. Average capture rate per fisherman was 20-30 kg per day and a monthly production of ~32 t. It is concluded that artisanal fishing is an activity that takes place in the “Laguna de Zapotlan” a Ramsar site, which constitutes an ecosystem service by providing basic food to man. It contributes to the Sustainable Development Goals (SDGs) and the National Food Crusade, by providing a protein of animal origin rich in vitamins, minerals, and unsaturated fatty acids, being one of the most important and transcendental activities in the southern region of the state of Jalisco and within the reach of all social strata.

Keywords |

Fishing characterization,
Artisanal fishing,
Zapotlan Lagoon

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria es el acceso y disponibilidad de alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer las necesidades alimentarias y contribuir al bienestar nutricional de la sociedad. En los últimos años se ha incrementado la demanda de alimentos de origen animal, razón por la cual es indispensable brindar soluciones sustentables para satisfacer esta demanda (FAO, 2017; FAO, 1996; Michel *et al.*, 2012).

México alberga alrededor del 60% de las especies de Norteamérica de peces de agua dulce y aproximadamente el 6% del mundo, las cuales se encuentran agrupadas en 47 familias (Espinosa, 1993), mientras que en la región del Eje Neovolcánico se tiene el registro de 98 especies (Espinosa,

1993; Miller, 1986; Gobierno de México, s.f.; Guzmán, 1990 y 1998). Algunas de estas especies se capturan en diferentes ecosistemas acuáticos como presas, ríos, lagos, esteros y mares, por lo que deben de protegerse, conservarse, manejarse y aprovecharse ya que estos ecosistemas brindan diferentes servicios ambientales, como el aprovisionamiento de alimentos, fuentes de empleo y aprovechamiento integral y sustentable de los humedales (Michel *et al.*, 2021).

Además, el país figuro en 2018 entre los 25 principales países productores de pesca con un valor de ~US\$ 2.000 mill y 2,159,650 t. Por otra parte, en Jalisco la acuicultura representa el 68.97% de la producción del estado con un valor de ~US\$ 30 mill., teniendo como principales especies la tilapia, carpa, charal, lobina, trucha, camarón, langostino y otras (CONAPESCA, 2018, p. 138-139; FAO, 2020, p. 20-21 y SIAP, 2019, p.10)

Los humedales son zonas de transición entre los ecosistemas acuáticos y terrestres que se pueden encontrar cubiertos de forma permanente o temporal de agua dulce, salobre o salada, como las ciénagas, pantanos, marismas, los cuales proveen servicios ecosistémicos a la localidad, regional y mundial (Ley de Aguas Nacionales, 1992 y RAMSAR, 2006).

La Laguna de Zapotlán es un humedal que tiene la distinción de humedal de importancia internacional al ser el sitio Ramsar No. 1466 y constituir parte de los Living Lakes (Lagos vivientes). En ella se realizan diferentes actividades, como la pesca que forma parte de los servicios ecosistémicos de suministro o aprovisionamiento que ofrece el humedal, contribuyendo a la generación de fuente de alimentos. Además, el lago proporciona recursos vegetales a través de la agricultura a la cual bastece en forma de riego. Por ello, es inminente que las actividades que aquí se desarrollan se realicen de forma sustentables, para proteger, conservar, manejar y aprovechar el humedal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó con los miembros de la sociedad cooperativa pesquera “Pescadores de Gómez Farías” en la laguna de Zapotlán, en el sur de estado de Jalisco, México, utilizando el método mixto de investigación con la finalidad de obtener una mayor variedad de perspectivas de problema (cuantitativas y cualitativas) (Creswell, 2005 citado en Hernández, 2010).

Para llevar a cabo el trabajo, se recolectó información de fuentes de información primarias proporcionada por los pescadores miembros de la sociedad cooperativa, y secundaria por el manejo científico y tecnológico del ecosistema, así como información que desarrollada por académicos e investigadores del tema. Para recolectar la información primaria, se realizaron entrevistas a los pescadores miembros de la sociedad cooperativa, además del análisis documental, observación y

diario de campo para poder caracterizar la actividad pesquera realizada en la “Laguna de Zapotlán”.

RESULTADOS

La actividad pesquera realizada en la “Laguna de Zapotlán” es efectuada por dos sociedades cooperativas: “Pescadores de Gómez Farías” y “Puerta de la Laguna” con un total de 64 pescadores. Para efecto de este trabajo, se caracterizó a los 41 socios de la cooperativa “Pescadores de Gómez Farías” lo que representa la mayoría de las personas dedicadas a esta actividad.

Los métodos y artes de pesca que se utilizan diariamente son las reglamentarias y consisten en redes agalleras superficiales con abertura de 89 mm (3 1/2”) de luz que permite la captura de especímenes con una talla de más de 300 g, siendo este el tamaño que más demanda el mercado y embarcaciones de fibra de vidrio de 4,3 m (14 pies) de largo, impulsadas por remo que permiten el transporte por el embalse para la puesta y revisión de las redes.

La actividad pesquera da inicio con la colocación de las redes en el lago por los pescadores, donde cada miembro de la sociedad tiene un área asignada para llevar a cabo esta acción. Una vez colocadas las redes y pasado un lapso de tiempo de 12 a 24 h aproximadamente, los pescadores ingresan al lago en sus lanchas diariamente en un horario de 06:00 a 09:00 horas para realizar una revisión de sus redes y recolectar la captura. Posteriormente, se trasladan a la orilla del lago para eviscerar los peces capturados. Una vez eviscerado el producto, se realiza el pesaje y registro de la captura por el encargo de la sociedad cooperativa para llevar un control de la pesca que se obtiene por cada pescador, para finalmente comercializar el producto a un mayorista.

El registro de la captura pesquera que realizan los pescadores es fundamental para la administración de la cooperativa, ya que este registro les permite conocer la cantidad que se pesca por cada miembro, así como el precio de venta. De esta forma calculan el pago que deben de realizar a la cooperativa y cuáles son sus ingresos. Lo anterior debido a que ya está estipulado que 74% de lo que se pesque es el ingreso del pescador y el 26% restante se le proporciona a la cooperativa para la realización de las diferentes actividades y gastos que se realizan.

La siembra de alevines es otra actividad que se realiza de forma periódica anual por los miembros de la sociedad cooperativa. Se siembran alrededor de 750,000 a 1,000,000 de alevines; esta actividad es de suma importancia y trascendencia para la pesca ya que permite el repoblamiento de la especie y evita problemas de consanguinidad como malformaciones genéticas que puedan presentarse.

Las especies que se capturan en mayor medida en la “Laguna de Zapotlán” con fines de comercialización y autoconsumo son tilapia (*Oreochromis sp.*) y carpa (*Ciprinus carpio*). Sin

embargo, también existe la captura de lobina y charal en un número reducido. La captura promedio por pescador es de 20-30 kg por día con una producción mensual de ~32 t en el año 2022 (Figura 1).

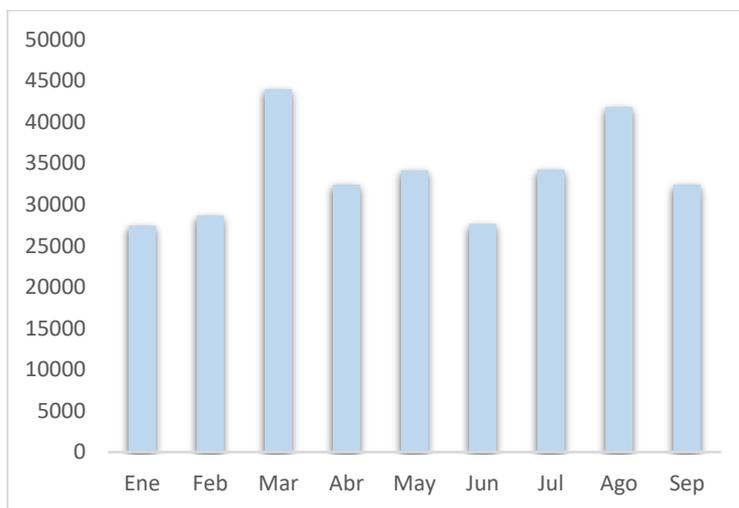


Figura 1. Captura pesquera en kilogramos de la Sociedad Cooperativa “Pescadores de Gómez Farías” en el año 2022.

DISCUSIÓN

El humedal del lago de Zapotlán propicia el desarrollo de diferentes actividades económicas como la elaboración de artesanías y la pesca. Se caracteriza como un lago eutrófico con características propias para la realización de la actividad pesquera que históricamente ha dado cumplimiento a esto, generando alimentos básicos prioritarios de proteínas altamente digestibles como el pescado que por tema de precio módico ha estado al alcance de todos los estratos sociales; de esta forma se contribuye directamente a la cruzada nacional alimentaria

La pesca es un método y una técnica de que permiten optimizar los bienes y servicios que en el renglón de pesca y acuicultura genera el lago de Zapotlán, así como la generación de fuentes de autoempleo para dos sociedades cooperativas con un total de 64 pescadores. Esta actividad es ancestral y forma parte de la cultura ya que se ha realizado por los habitantes que tienen concesión en el lago otorgada por Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) y normada en cuanto a inspección y vigilancia por la capitania de puerto ubicada en Barra de Navidad, Jalisco.

La actividad pesquera desarrollada en el lago se encuentra expuesta a diferentes factores ambientales, económicos y sociales. Sin embargo, a pesar de los diferentes escenarios a los cuales se ha enfrentado, la actividad no ha dejado de desarrollarse y se continúa realizando de forma sustentable. Gracias a esto, se han logrado sumar voluntades altamente significativas para la protección, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la pesca en el lago de Zapotlán.

CONCLUSIONES

La pesca es una actividad socio-económica artesanal que se realiza en el humedal “Laguna de Zapotlán” sitio Ramsar No. 1466 con funciones sustantivas por la situación eutrófica del lago para la producción pesquera. Además, es uno de los servicios ecosistémicos de suministro o aprovisionamiento de alimentos básicos que proporciona el humedal a la región.

La actividad pesquera representa una fuente de trabajo sistemático y cotidiano los 365 días del año lo que le permite producir alrededor de 320 t anuales, que contribuyen a satisfacer el mercado local y regional del sur de Jalisco y, además, provee alimento a la zona metropolitana de Guadalajara. De igual forma, la pesca contribuye a los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) y a la cruzada nacional alimentaria ya que es una fuente de proteína de origen animal con un alto contenido de ácidos grasos, omega 3 y 6, vitaminas y minerales, además de ser accesible y de bajo costo para la población, contribuye a la disminución de la pobreza.

La sociedad cooperativa “Pescadores de Gómez Farías” es una pequeña empresa que realiza sus actividades de forma sustentable sin perder de vista los aspectos, sociales, ambientales y económicos para proteger, conservar, manejar y aprovechar sustentablemente los recursos del humedal de la “Laguna de Zapotlán.

Agradecimientos

Se agradece a José Jaime de la Cruz Cano presidente y a los miembros de la Sociedad Cooperativa “Pescadores de Gómez Farías” por brindar su valioso apoyo, colaboración y disposición para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2018. Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca 2018. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2018/ANUARIO_2018.pdf
- Espinosa P.H. 1993. Riqueza y diversidad de Peces. Ciencias. Número Especial 7. México. 77-84 pp.

- FAO. 1996. Cumbre Mundial sobre la Alimentación.
- FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma.
<https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Gobierno de México. (s.f.). Ecosistemas de aguas continentales.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236718/Capitulo_5.pdf
- Guzmán A.M. 1990. La fauna acuática de la Nueva Galicia. Una aproximación a la problemática de su estudio y conservación. *Tiempos de Ciencia*. Univ. Guadalajara. 20. 1-46 pp.
- Guzmán A.M. 1998. Los lagos Naturales del Eje Neovolcánico. Taller sobre regionalización de las cuencas hidrográficas y biodiversidad en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. México. 12 pp.
- Ley de Aguas Nacionales. (01 de diciembre de 1992). Diario Oficial de la Federación 06-01-2020.
- Michel Parra J.G., Montañó Larios I., Díaz Andrade E. 2012. Aportación a la seguridad alimentaria humana por la actividad pesquera en el Lago de Zapotlán y la Presa Basilio Vadillo. *Revista Ra Ximhai*, 8(2), 33-42. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46123333003.pdf>
- Michel Parra J.P., Orendain Verduzco T.E., Martínez Ibarra J.A., Montañez Valdez O.D., Gutiérrez Cedillo A.B. (11 de noviembre de 2021). Importancia y trascendencia de los recursos ecosistémicos proporcionados por la naturaleza. [Conferencia]. Feria de la Ciencia y la Tecnología 2021 “Innovación para la sustentabilidad”.
<https://www.facebook.com/FeriaCienciaTecnologiaZapotlan/videos/676316877106956/>
- Miller R.R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México*. 30:121-153.
- RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar, 4a. edición.
https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Programa Agroalimentario 2019.
https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019



**Diagnóstico del desarrollo sostenible de la
comunidad pesquera de Adícora,
Estado Falcón, Venezuela.
Dimensión social. Caso: consejo socialista de
pescadores y acuicultores (CONPPA-Adícora)**

**Diagnosis of the sustainable
development of the fishing
community of Adicora, Falcon State, Venezuela.
Social dimension. Case: socialist council of
fishermen and fish farmers (CONPPA-Adícora)**

María V. Guanipa Maldonado, Jesús Méndez, Luis González
Campo Experimental Las Piedras. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,
Punto Fijo Edo. Falcón, Venezuela

María V. Guanipa-Maldonado   *virmar86@gmail.com*

RESUMEN | El objetivo del estudio consistió en proponer Estrategias para el Desarrollo Sostenible de la Comunidad Pesquera de Adícora. Caso: Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora, estado Falcón, Venezuela. En el marco teórico destacan los planteamientos de la FAO relacionados con el desarrollo sostenible, como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Además, se presenta la conceptualización de estrategias, según Galbraith y Nathanson, quienes afirman que la estrategia es una acción específica, que normalmente va acompañada de la correspondiente asignación de recursos, para alcanzar un objetivo decidido. La metodología se apoyó en un proyecto factible sustentado en una investigación descriptiva y de campo. La población se conformó con 62 personas del Consejo de Pescadores de la Comunidad Pesquera de Adícora, de la cual se seleccionó su totalidad, a quienes se les aplicó una encuesta y se registró la información en un cuestionario de preguntas mixtas, utilizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), según las especificaciones de la (FAO). Se orientó en la línea de investigación correspondiente a “Empresa y Medio Ambiente”. El análisis de los resultados permitió establecer conclusiones tales como que se evidenció que, en el caso de las pesquerías como sistema artesanal, es sostenible si se conserva el recurso base. De esta forma, los resultados evidencian que existen debilidades en las dimensiones ecosistema, social y económica. El análisis e interpretación de los resultados permitió proponer una alternativa de solución viable ante las

Palabras clave |
Desarrollo Sostenible,
pesca artesanal,
Estado Falcón,
Venezuela.

debilidades diagnosticadas. Dicha propuesta proporciona estrategias, las cuales permitan optimizar la actividad pesquera del Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora. En función de estos resultados, se formularon un conjunto de recomendaciones encaminadas a mejorar la situación objeto de estudio.

ABSTRACT | The objective of this study was to propose strategies for the sustainable development of the fishing community of Adícora, Falcon State, Venezuela. Case: Council Socialist of fishers and fish farmers of Adícora. In the theoretical framework, FAO's approaches related to sustainable development stand out, such as development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs. In addition, arises the conceptualization of strategies, according to Galbraith and Nathanson, who claim that the strategy is a specific action that is normally accompanied by the corresponding allocation of resources, to achieve a decided goal. The methodology relied on a feasible study based on a descriptive and field research. The population comprised 62 persons who were selected entirely from the Council of Fishers from the Community of Adícora, to whom a survey was applied and registered information in a questionnaire of mixed questions (open and closed), used by the National Institute of Agricultural Research (INIA), according to specifications of FAO. It focused on the line corresponding to "enterprise and environment" research. The analysis of the results allowed to draw conclusions such as that evidenced that it was evidenced that, in the case of artisanal fisheries, they are sustainable if the base resources are conserved. Thus, the results show that there are weaknesses in the ecosystem, social and economic dimensions. The analysis and interpretation of the results allowed proposing a viable solution alternative to the diagnosed weaknesses. This proposal provides strategies, which allow optimizing the fishing activities of the Socialist Council of fishers and fish farmers of Adícora. Based on these results, a set of recommendations aimed at improving the situation under study were formulated.

Keywords | Sustainable development, Artisanal fishing, Falcon State, Venezuela

INTRODUCCIÓN

La definición de desarrollo sostenible que se cita con mayor frecuencia es la propuesta por la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, conocida también como comisión de Brundtland, en 1987. En su informe a la Asamblea General de las Naciones Unidas, que lleva por nombre “Nuestro Futuro Común”, donde se definió al desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias” (FAO, 2015). En atención al enfoque de desarrollo sostenible, la actividad pesquera ha sido desde la antigüedad una fuente importante de alimentos

para la humanidad, así como de empleo y beneficios económicos para quienes se dedican a esta actividad. Sin embargo, con el aumento de conocimientos y la evolución dinámica de la pesca, se dice que, aunque eran renovables, los recursos acuáticos vivos no eran infinitos y era necesario explotarlos de manera apropiada para poder mantener su contribución al bienestar nutricional, económico, ecológico y social de una población mundial en constante crecimiento (Orozco y Núñez, 2013). Esto significa que, en el caso de las pesquerías como sistema artesanal, es sostenible si se conserva el recurso base; pero a pesar de ello, se ignoran los peligros y las consecuencias que conlleva una explotación irracional de la fauna marina. Es por tal motivo que se hace prioritario el fomentar el cumplimiento de las políticas de ordenación pesquera en las costas, para garantizar el aprovechamiento responsable de los recursos por los diferentes tipos de pesquerías que los explotan. El propósito general de esta investigación fue formular estrategias para el desarrollo sostenible de la comunidad pesquera de Adícora. Caso: Consejo Socialista de Pescadores y Acuicultores de Adícora, que está ubicada en el Municipio Falcón del Estado Falcón, al occidente de Venezuela. Para ello, se tomó en cuenta que la sostenibilidad de las pesquerías no puede entenderse sin la integración de sus dimensiones: ecosistema (recurso y medio ambiente), económico y social. Particularmente, se representó en este trabajo la dimensión social en atención a ocho indicadores, referidos a: la proximidad y tradición, los conflictos con el turismo, los conflictos entre pescadores, el rol de la mujer, la entrada en la pesquería, la socialización de la pesquería, la influencia del pescador, los ingresos por pesquerías.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población objeto de estudio en la presente investigación, estuvo conformada por 62 personas, quienes forman parte del Consejo Socialista de Pescadores y Acuicultores de Adícora. La población es finita, relativamente pequeña, lo que permitió medirla y seleccionarla en su totalidad. En relación a las técnicas e instrumento de recolección de información, se utilizó un instrumento de recolección de datos (cuestionario) semi-estructurado, diseñado y validado en el año 2012 por el INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS (INIA), en conjunto con la FUNDACION PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGIA (FUNDACITE) y la UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANADA (UNEFM); su contenido permitió medir los indicadores del desarrollo sostenible de la pesca, establecidos y estandarizados por la FAO para la Comunidad Pesquera de Adícora.

Con el propósito de procesar y analizar la información recolectada con la aplicación del instrumento, se procedió a efectuar el análisis descriptivo para medir la efectividad de la investigación. En efecto, el tratamiento estadístico de los datos recopilados se realizó con la aplicación de la estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media) dispersión

(desviación estándar) y coeficiente de variación, en virtud que se apoya en gráficos y diagramas que presentan los datos organizados para facilitar su interpretación.

Con la finalidad de realizar un diagnóstico del desarrollo sostenible de la comunidad pesquera de Adícora. Dimensión social. Caso: consejo socialista de pescadores y acuicultores (CONPPA-Adícora), el estudio abarcó en las siguientes fases.

Fase 1- Describir la situación actual del desarrollo sostenible de la Comunidad Pesquera de Adícora. Caso: Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora.

Comprendió la identificación del área o lugar de investigación, realizando dos visitas a la Comunidad Pesquera de Adícora, donde la primera visita consistió en conocer la situación de la pesquería y de sus actores, específicamente del Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora (CONPPA).

En efecto, durante la primera visita, se hizo énfasis en lo que respecta a las características generales del CONPPA, estableciendo contacto con los pescadores locales, conociendo la realidad social. Una de las herramientas que se utilizaron fue el diálogo directo con los individuos (informantes claves) que forman parte del referido consejo, con la finalidad de obtener en forma rápida la información pertinente a la pesquería.

En esta perspectiva, debido al conocimiento empírico de los pescadores artesanales de la Comunidad de Adícora, se obtuvo información relevante que ellos han adquirido a partir de su experiencia; es necesario destacar que desde hace seis años lograron conformar el referido Consejo, mediante el apoyo de organismos del Estado Venezolano, tales como el INIA e INSOPESCA, que promueven el empoderamiento de las comunidades pesqueras en el territorio nacional; aunado a ello, fomentan el desarrollo sostenible de la pesca, por lo que han realizado encuentros comunitarios para tratar sobre las experiencias y realidades existentes, obteniendo resultados que indican que existen problemas recurrentes por atender en el mediano plazo.

Fase 2- Evaluar el comportamiento del desarrollo sostenible en la dimensión de social, de los años 2012 y 2015, de la Comunidad Pesquera de Adícora. Caso: Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora.

Se realizó la segunda visita, durante la cual se aplicó una encuesta con su respectivo instrumento, un cuestionario semi-estructurado, diseñado y validado por el INIA (2012), en conjunto con FUNDACITE y la UNEFM; su contenido permitió medir los indicadores del desarrollo sostenible de la pesca, establecidos y estandarizados por la FAO, en atención a la dimensión social con una totalidad de 8 indicadores; el cuestionario fue aplicado a la totalidad de los pescadores que

pertenecen al CONPPA (62 pescadores), su propósito fundamental fue el diagnóstico situacional de la población.

Una vez diagnosticada la situación actual del desarrollo sostenible de la Comunidad Pesquera de Adícora, en el Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora, se procesó y analizó la información recolectada con la aplicación del instrumento, para su correspondiente análisis estadístico.

Esta fase permitió que, una vez obtenidos los datos, se procediera a su procesamiento y tabulación en frecuencias absolutas; porcentuales y promedios. Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva. Para la interpretación de los datos, se elaboraron tablas de frecuencias y porcentajes con sus respectivos gráficos. Se realizó la discusión de resultados; éstos fueron contrastados con los modelos teóricos adoptados en las bases teóricas y con los resultados de investigaciones relacionadas en los antecedentes de la investigación.

En esta perspectiva, fue necesario efectuar la tabulación de datos, mediante el uso de tablas de frecuencia en la cual se identificaron las alternativas de respuestas especificadas en el cuestionario: bueno – regular – malo, igualmente se calcularon las frecuencias absoluta y porcentual por cada uno de ellos, además de elaborarse los gráficos por promedios de dimensiones.

Posteriormente, se analizó el comportamiento del desarrollo sostenible en relación con la dimensión social, de los años 2012 y 2015, respectivamente; lo que facilitó la interpretación de la información obtenida.

RESULTADOS

La Dimensión Social fue evaluada tomando en consideración ocho indicadores, referidos a: la Proximidad y tradición, los Conflictos con el turismo, los Conflictos entre pescadores, el Rol de la mujer, la Entrada en la pesquería, la Socialización de la pesquería, la Influencia del pescador, los Ingresos por pesquerías.

Cuadro 1. Análisis en Promedio de la Dimensión Social – Año 2015

Alternativas	BUENO		REGULAR		MALO		Total General	
	f	%	f	%	f	%		
7. ¿La proximidad de los caladeros y la tradición histórica como son?	17	27%	44	71%	1	2%	62	100%
8. ¿Existen importantes conflictos con otras actividades como el turismo?	52	84%	5	8%	5	8%	62	100%
9. ¿Existen conflictos entre pescadores?	54	87%	8	13%	0	0%	62	100%
10. ¿Se involucra la mujer en las pesquerías?	11	18%	24	39%	27	44%	62	100%
11. ¿Es muy difícil iniciarse como pescador?	15	24%	14	23%	33	53%	62	100%
12. ¿Cuán organizados trabajan los pescadores?	12	19%	16	26%	34	55%	62	100%
13. ¿Tiene influencia el pescador en la creación de las regulaciones de la pesca?	44	71%	4	6%	14	23%	62	100%
14. ¿Cuánto aporta la pesca a la familia?	11	18%	34	55%	17	27%	62	100%
?1	216	348%	149	240%	131	211%		
Promedio	27	44%	18,6	30%	16,4	26%		
?2		348%		452%				800%

Fuente: Cálculos basados en las respuestas del cuestionario aplicado al Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adicora. Guanipa (2015).

Con respecto a la Dimensión Social (Ver Cuadro 1), las mayores frecuencias porcentuales corresponden a los indicadores “Conflictos entre pescadores” (87%) y “Conflictos con el turismo” (84%) en la categoría de respuesta “bueno”; en la proximidad de los caladeros y la tradición histórica se constató que el indicador “Proximidad y tradición” es regular ya que se obtuvo una frecuencia del 71%; el indicador de “influencia del pescador” en la creación de las regulaciones de la pesca fue seleccionado en la categoría de “mucho”, y obtuvo una alta frecuencia porcentual del 71%. Sin embargo, se observó alta frecuencia porcentual en la categoría “malo” para el indicador “Socialización de la pesquería” con un 55%, porque se especificó que se trabaja individualmente. Igualmente, el indicador de “entrada a la pesquería” obtuvo una frecuencia porcentual del 53% en la categoría de “malo”, debido a que opinaron que no es difícil iniciarse como pescador. El indicador “Ingresos por pesquerías” fue valorado con una alta frecuencia porcentual del 55% en la categoría “regular”, ya que especificaron que el aporte de la pesquería a la familia está en el rango del 50%-80% del total de sus ingresos. Finalmente, el indicador “Rol de la mujer”, obtuvo una frecuencia porcentual de 44%; se ubica en la categoría de “malo” ya que no se involucra a la mujer en las pesquerías.

Comportamiento del Desarrollo Sostenible en la Dimensión Social de los años 2012 y 2015, en la Comunidad Pesquera de Adícora.

Cuadro 2. Análisis en Promedio de la Dimensión Social Año 2012

INDICADORES	AÑO 2012		
	BUENO	REGULAR	MALO
Proximidad y tradición	17%	75%	8%
Conflictos con el turismo	88%	8%	4%
Conflictos entre pescadores	33%	67%	0%
Rol de la mujer	21%	33%	46%
Entrada en la pesquería	33%	29%	38%
Socialización de la pesquería	75%	13%	12%
Influencia del pescador	25%	58%	17%
Ingresos por pesquerías	38%	58%	4%

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones - INIA (2012).

Cuadro 3. Comportamiento en la Dimensión Social- Años 2012 y 2015

INDICADOR	Comportamiento en la Dimensión Social						2012	2015
	AÑO 2012			AÑO 2015				
	BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO		
Proximidad y tradición	17%	75%	8%	27%	71%	2%	100%	100%
Conflictos con el turismo	88%	8%	4%	84%	8%	8%	100%	100%
Conflictos entre pescadores	33%	67%	0%	87%	13%	0%	100%	100%
Rol de la mujer	21%	33%	46%	18%	39%	43%	100%	100%
Entrada en la pesquería	33%	29%	38%	24%	23%	53%	100%	100%
Socialización de la pesquería	75%	13%	12%	19%	26%	55%	100%	100%
Influencia del pescador	25%	58%	17%	71%	6%	23%	100%	100%
Ingresos por pesquerías	38%	58%	4%	18%	55%	27%	100%	100%
Media	0,41	0,42625	0,161	0,435	0,30125	0,264		
Varianza	0,0676214	0,063855357	0,0286982	0,097742857	0,054298	0,04919821		
Desviación	0,2600412	0,252696176	0,1694055	0,312638541	0,23302	0,2218067		
Coeffic de variac	63,0403	59,28356	105,058	71,87093	77,351	84,09733		
Media	0,333333			0,33333333				
Varianza	0,064232			0,06688406				
Desviación	0,25344			0,25861952				
Coeffic. de variación Gral. 2012	76,032			77,58586				Coeffic. de variación Gral. 2015

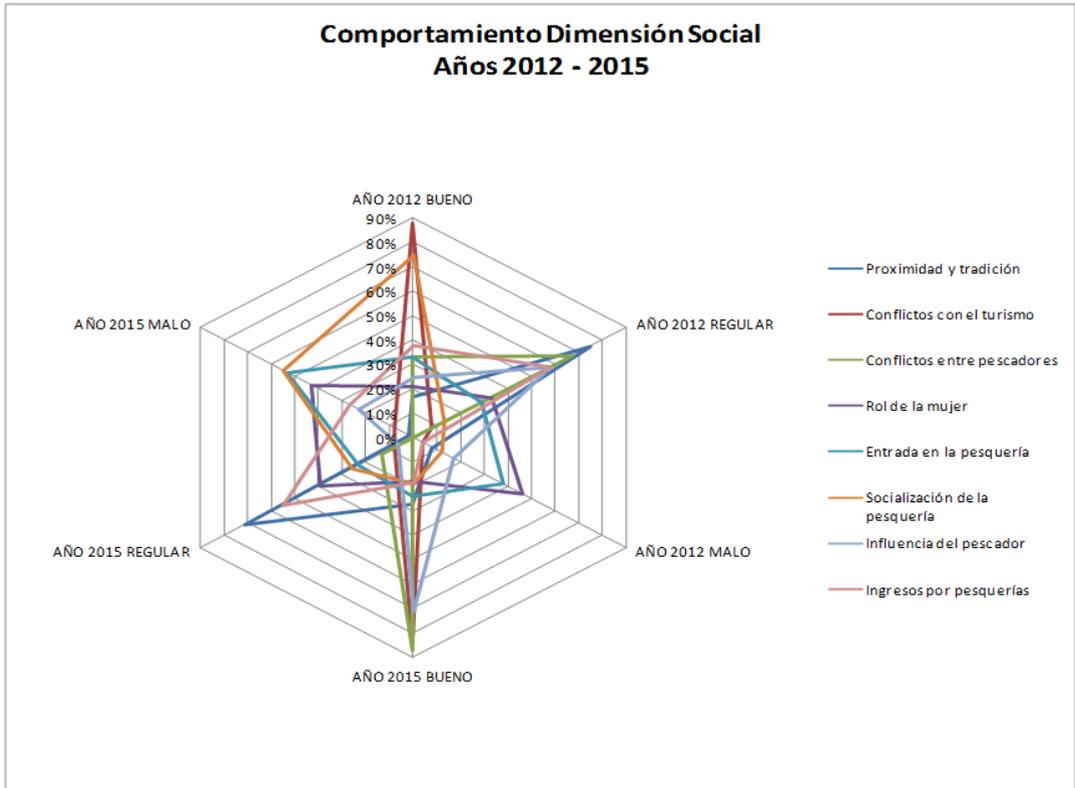


Gráfico 1. Comportamiento en la Dimensión Social- Años 2012 y 2015

Se constató que en el año 2015, existió una frecuencia favorable correspondiente al indicador “Conflictos entre pescadores” el cual se redujo en un 54%. Los “Conflictos con el turismo” presentaron una tendencia favorable para ambos años (ningún conflicto). Con respecto al “Rol de la mujer” persistió su poca participación con valoraciones predominantes negativas (malo 46 % y regular 39 %). Igualmente, se constató una valoración favorable para el indicador “Influencia del Pescador” el cual se incrementó en un 46 %. El indicador de “Proximidad y tradición” tuvo un incremento del 10 % en la categoría de “bueno” en la que se refiere a que es próxima, fuerte y tradicional; pero se mantuvo la tendencia hacia la valoración de “regular” (algo próxima, algo tradicional) con un 4 % de disminución con respecto al año 2012. Para el indicador “Ingresos por pesquerías” se observó el incremento hacia valoraciones negativas en un 26 %, lo que permitió inferir que el ingreso para las familias ha disminuido y se ubica en un intervalo desde < 50 % hasta un 80 %. Además, el indicador de “Entrada en la pesquería” se incrementó en un 15 %, ubicándose en la categoría de “Malo” debido a que los encuestados opinaron que no es difícil “Iniciarse como

pescador”. Igualmente se observó el aumento en un 43 % en la categoría de “malo” del indicador de “Socialización de la pesquería”. Ambos resultados denotan una tendencia desfavorable para el desarrollo sostenible de la pesca.

DISCUSION

Con respecto a la **Dimensión Social**, la **proximidad y tradición**, en los años 2012 y 2015 presentó una estimación porcentual en “regular”, esto permite afirmar que los pescadores deben realizar su actividad pesquera hacia caladeros más lejanos. En este sentido, en la Comunidad pesquera de Adícora se infiere que ocurre la pérdida de prácticas tradicionales, aspecto que según la FAO (2000), puede indicar cambios sustanciales en las prácticas pesqueras y ser un signo de la pérdida de sistemas tradicionales de ordenación pesquera y de la reducción de los controles en pesquerías de subsistencia poco organizadas.

En esta perspectiva, si los caladeros de pesca son cada vez más lejanos, esto permite indicar que han ocurrido disminuciones de las especies que tradicionalmente capturan en caladeros más cercanos, y es un elemento de alerta que debe indagarse exhaustivamente, porque se denota que los caladeros tradicionales, más cercanos a la costa, se han sobreexplotado; ahora bien, el hecho de trasladarse a zonas de pesca más lejanas requiere del uso de mayor cantidad de recursos tales como: tiempo, gasoil, hielo, mano de obra, entre otros, lo que indudablemente afecta la actividad pesquera.

En atención al indicador de **Conflictos con el turismo**, presentó una alta estimación positiva, tanto para el año 2012 como en el 2015; se puede señalar que ambas actividades pesca y turismo se han mantenido en una sinergia, aspecto que puede permitir el emprendimiento en proyectos mancomunados tales como el turismo ecológico, para que se fortalezcan las precauciones orientadas a evitar lo señalado por la FAO (2000), es decir, que la actividad turística pueda verter residuos líquidos y sólidos que puedan contaminar, y los cuales provocan sedimentación y causan desequilibrios en los ecosistemas amenazando su sostenibilidad.

Al respecto, los resultados se ajustan a lo expresado por Cárcamo *et al.* (2011) quienes destacan la necesidad de nuevas fórmulas que apunten a reducir o anticipar conflictos entre proyectos de desarrollo económico e iniciativas de conservación. Esto significa que en la comunidad de Adícora se está observando el fortalecimiento de escenarios de integración en las diversas actividades que allí se desarrollan, tales como la pesca y el turismo.

Dentro de este orden de ideas, los **conflictos entre pescadores**, en el año 2012 obtuvo una alta ponderación negativa, y en el año 2015 su comportamiento ha variado hacia una estimación

favorable, es decir, los conflictos entre los pescadores de la comunidad de Adícora se han minimizado, de esta manera se puede facilitar el trabajo en equipo.

En atención al **rol de la mujer** en la comunidad pesquera de Adícora, se observó altas estimaciones negativas en los años 2012 y 2015; se puede afirmar que la poca participación de la mujer en la actividad pesquera es una característica de las pesquerías venezolanas.

Dentro de este contexto, se corrobora lo planteado por la FAO (2015): los hombres manejan las capturas de pescado, las mujeres en todo el mundo, que representan casi la mitad de la mano de obra en el sector, suelen dedicarse más a tareas de procesamiento, venta local o de simple apoyo, limpieza de barcos y transporte de la mercancía al mercado. Sin embargo, en la pesquería de Adícora no se evidencia la presencia de mujeres en las referidas tareas; esto repercute en la discriminación de género.

En cuanto a la **entrada en la pesquería**, en los años 2012 y 2015 este indicador fue ponderado negativamente, es decir, se indicó que no es difícil que cualquier persona ingrese a la pesquería, lo que permite inferir que existen altas posibilidades que surja un crecimiento excesivo de las flotas y el esfuerzo pesquero, lo que se traduce en situaciones de sobrepesca en los caladeros hacia los cuales se desplazan los pescadores de la comunidad de Adícora. Es decir, no existe restricción para que cualquier persona que quiera pescar, lo haga. Con base tanto en la teoría como en las experiencias de colapso de pesquerías y agotamiento de las poblaciones mundialmente, se ha aceptado que el acceso abierto conlleva a problemas económicos y de conservación que probablemente serán desastrosos. La explotación no regulada, tipo “laissez-faire” (dejar hacer, dejar pasar), de los recursos marinos figura entre las mayores amenazas a la sostenibilidad a largo plazo de las pesquerías.

Con respecto a la **socialización de la pesquería**, en el año 2012 recibió una alta estimación favorable, sin embargo, en el año 2015 fue valorada muy negativamente. En este sentido, se infiere que los ingresos económicos son individuales, y se vincula con el indicador de “Entrada a la pesquería”, debido a que esa situación no promueve la organización entre los miembros de la Comunidad Pesquera de Adícora, aun cuando están formalmente organizados como un Consejo Socialista de Pescadores Acuicultores de Adícora.

En este orden de ideas, la **Influencia del Pescador**, en el año 2012 se estimó negativamente, lo que significaba una baja participación en la creación de regulaciones pesqueras. En el año 2015 esta situación se ponderó positivamente, al incrementarse la participación de los pescadores de la comunidad de Adícora, significa que, en efecto, se tomaron en consideración las opiniones de las comunidades pesqueras antes de generar alguna normativa que permita regular la actividad pesquera. En este sentido existe la participación y cogestión con un amplio espectro de grupos de

interesados, es decir con Organismos del Estado Venezolano quienes tienen competencia en la creación de regulaciones para la actividad pesquera en la comunidad de Adícora. Este indicador permite afirmar que en la medida que los pescadores participen en la creación de las referidas regulaciones, se puede inferir que sean acatadas por quienes son corresponsables de su contenido, es decir, los mismos pescadores, lo que fortalece la co-gestión.

En relación con los **Ingresos por pesquerías**, en el año 2012 recibió una alta estimación negativa (regular); en el año 2015 la ponderación negativa se incrementó con altas valoraciones de regular – malo, lo que conlleva a constatar que los pescadores de la comunidad de Adícora están subsistiendo con ingresos menores al 50 % y en ocasiones únicamente hasta un 80 %.

Por lo tanto, se verificó que está ocurriendo lo planteado por INPESCA (2008) quien sostiene que los retornos que reciben los pescadores artesanales por esta actividad, tanto en alimentos como en ingresos, son insuficientes para satisfacer las necesidades básicas de sus familias y procurarse una vida digna. En efecto, las familias de los pescadores artesanales presentan los más bajos índices de desarrollo humano, las mayores tasas de pobreza relativa y una alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria.

Es así que se destaca la relevancia de lo señalado por la FAO (1995) al sostener que se debe manejar los impactos pesqueros de tal forma que las poblaciones están relativamente estables en el tiempo y pueden entregar ingresos sostenidos a los pescadores.

CONCLUSIÓN

De los resultados de la dimensión social, se desprendió que la debilidad relacionada con la proximidad y tradición, confirmaron que es esencial disponer de acciones que permitan satisfacer la demanda de pescado, pero que conlleven a efectuar el control en la explotación de caladeros cada vez más lejanos, al objeto de disminuir la presión sobre otros caladeros hacia los cuales se están desplazando los pescadores de la Comunidad de Adícora, muchos de los cuales pueden ser sobreexplotados.

En atención a los conflictos con el turismo, al verificarse su valoración favorable, es fundamental que se generen acciones del Estado Venezolano para permitir el emprendimiento en proyectos mancomunados tales como el turismo ecológico, para que se fortalezca la sinergia entre ambas actividades: la pesca y el turismo.

Debido a la poca participación de la mujer en la pesquería, esto permitió afirmar la necesidad de promover estrategias que conlleven a crear programas e iniciativas de manejo de actividades

pesquera en las que se incluya en igualdad de condiciones a la mujer. Debe motivarse a las mujeres a participar en las organizaciones de pesca y prestarle apoyo.

Con referencia a la socialización de la pesquería, su baja valoración indicó que es relevante la generación de acciones que coadyuven a controlar y destacar las ventajas potenciales y reales al estar organizados de manera formal. Este aspecto es fundamental para que el desarrollo sostenible de la pesca sea desarrollado por las personas que se desempeñan en la actividad pesquera; uno de los principios que rigen a los consejos socialistas de pescadores, es la cooperación en pro de satisfacer las necesidades de alimentación de su propia comunidad.

Debido a los bajos Ingresos obtenidos por la actividad pesquera, se detectó que es relevante que se generen estrategias dirigidas a garantizar la disponibilidad y el acceso a los alimentos (provenientes de la pesca), en equilibrio con los ingresos obtenidos; se requiere el apoyo Institucional para garantizar la seguridad alimentaria, aunado al hecho que se requiere incrementar mayores fuentes de empleo en la comunidad de Adícora.

REFERENCIAS

- Cárcamo P., Cortés M., Ortega L., Squeo F.A., Gaymer C.F. 2011. Crónica de un conflicto anunciado: Tres centrales termoeléctricas a carbón en un hotspot de biodiversidad de importancia mundial. *Revista chilena de historia natural*, 84(2):171-180. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2011000200003&script=sci_arttext
- Instituto Nacional de Investigaciones -INIA 2012. Caracterización de la Pesquería de Adícora y Evaluación de los Recursos Pesqueros. Informe Final - Libro IV: Diagnóstico Integral de la Problemática Pesquera y Propuesta estratégica de Ordenamiento de la Pesquería. Con la participación de FUNDACITE y la UNEFM.
- Instituto Nicaragüense de la Pesca y la Acuicultura – INPESCA 2008. Estrategias para el desarrollo sostenible de la pesca artesanal, la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza de las familias vinculadas 2008-2015. <http://www.faolex.fao.org/docs/pdf/nic140919.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO 1995. Manual de Ciencia Pesquera Parte 2 - Métodos para investigar los recursos y su aplicación. <http://www.fao.org/docrep/003/f0752s/F0752S05.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO 2000. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable N° 8. Indicadores para el Desarrollo Sostenible de la Pesca de Captura Marina. <http://www.fao.org/docrep/003/x3307s/x3307s04.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO 2015. Las Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza. <http://www.fao.org/3/a-i4356s.pdf>

Orozco J., Núñez P. 2013. Las teorías del desarrollo en el análisis del turismo sustentable. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, Sin mes, 144-167. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66627452008>



Aspectos biométricos y reproductivos de la especie guanapo *Lutjanus synagris* capturada por la flota artesanal de la comunidad de Adicora (Estado Falcón-Venezuela)

Biometric and reproductive aspects of the guanapo species *Lutjanus synagris* captured by the artisanal fleet of the Adicora community (Falcón State-Venezuela)

Jesús Méndez¹, Rodolfo Álvarez¹,
Luis González¹, María Guanipa¹,
Orlando Pomare², Thailande Barreno³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola.
(Campo Experimental Las Piedras, INIA-Falcón, Venezuela)

²Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda,
(Departamento de Ingeniería Pesquera), Venezuela,

³Fundación para la Ciencia y Tecnología del Estado Falcón, Venezuela

Jesús Méndez  ing.pesq.jamm@hotmail.com

RESUMEN | El Pargo guanapo (*Lutjanus synagris*) es una de las especies más importantes de la familia lutjanidae, su abundancia lo ha llevado a convertirse en uno de los más predilectos entre los pargos explotados por las pesquerías. Es una especie muy abundante en Venezuela pero ha sido escasamente estudiada. En el presente trabajo la población bajo estudio durante el periodo noviembre de 2009 a noviembre de 2011 presentó una distribución polimodal en sus tallas cuya longitud total osciló entre 120 y 510 mm de longitud total, con talla media de 270 mm; La talla de primera madurez sexual indica que las hembras *Lutjanus synagris* maduran más rápido (275 mm) en comparación a los machos (304 mm). La talla de maduración del 50% de los individuos, resultando ser 275 mm para los machos y 304 mm para las hembras. Dichas curvas también permiten estimar la talla mínima de maduración sexual, que es de 150 mm para los machos y 110 mm para las hembras.

Palabras clave |

Pargo,
Guanapo,
Adicora,
Flota Artesanal,

ABSTRACT | The Guanapo snapper *Lutjanus synagris* is one of the most important species of the Lutjanidae family, its abundance has led it to become one of the most favored among the snappers exploited by fisheries. It is a very abundant species in Venezuela but has been scarcely studied. In the present study the population under study during the period November 2009 to November 2011 presented a polymodal distribution in their lengths whose total length ranged between 120 and 510 mm in total length, with a mean length of 270 mm; The size at first sexual maturity indicates that females *Lutjanus synagris* mature faster (275 mm) compared to males (304 mm). The size at maturity of 50% of the individuals was 275 mm for males and 304 mm for females. These curves also allow estimating the minimum size for sexual maturation, which is 150 mm for males and 110 mm for females.

Keywords |
Snapper,
Guanapo,
Adicora,
Artisanal Fleet.

INTRODUCCIÓN

Los pargos del genero *Lutjanus*, son unos de los recursos pesqueros de mayor importancia comercial en la costa marítima venezolana, destacándose por su valor económico y la gran demanda que tienen en el mercado acotando que para el año 2010 su producción en la localidad de Adícora reflejó nueve mil doscientos kilogramos (9.200 kg) aproximadamente representando un 10 % de la producción total, estas especies de la familia Lutjanidae tienen un amplio rango de distribución en la costa atlántica del continente Americano, formando parte de una de las 3 pesquerías litorales en la franja comprendida entre Massachusetts y las costas del Brasil, con un máximo de concentración en el golfo de México y el Mar Caribe, siendo abundantes en las costas con un fondo irregular, formado particularmente por rocas y arrecifes de coral (Marín, 1986).

Dentro de la pesquería artesanal de la localidad de Adícora se pueden especificar tres tipos los cuales son: Palangreras, Naseras y Chinchorreras. Todas con características de pesca distintas en cuanto a las artes y métodos utilizados, sin embargo establecen cierta relación con las principales especies o recursos que explotan. Entre ellos se pueden destacar: Carite (*Scomberomorus brasiliensis*), Rey (*Scomberomorus cavalla*), Raya (*Dasyatis guttata*, *Dasyatis americana*, *Aetobatus narinari*), Jurel (*Caranx hippos*), Atún Aleta Amarilla (*Thunnus albacares*), Atún (*Katsuwonus pelamos*, *Caranx crysos*), Bagre (*Bagre bagre*, *Bagre marinus*, *Selenaspis herzbergii*), Pargo Cunaro (*Rhomboplites aurorubens*), Pargos (*Lutjanus*), entre los cuales se tienen: Pargo Cebadal (*Lutjanus analis*), Pargo Guachinango (*Lutjanus purpureus*), Pargo Dientón (*Lutjanus griseus*), Pargo Guanapo (*Lutjanus synagris*).

La presente investigación busco evaluar el estado de explotación de algunos de los recursos explotados en la pesquería de Adícora, tomando en cuenta algunos parámetros de biología y

pesquería que permitan tener una descripción más amplia de las especies capturadas y en función de los resultados obtenidos aportar ideas o recomendaciones satisfactorias para un buen manejo de ésta y otras pesquerías que se explotan en esta zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

El área de estudio comprendió la Comunidad de Adícora, ubicada en la región nororiental de la Península de Paraguaná del Estado Falcón (Fig. 1). Los datos que se analizaron en el presente trabajo fueron obtenidos de los muestreos de capturas, talla; longitud y madurez, sexual, realizados para este estudio en los sitios de desembarque de la comunidad de Adícora, pescaderías de la zona y a bordo de embarcaciones artesanales, durante el periodo noviembre de 2009 a noviembre de 2011.



Figura 1. Vista aérea de la Península de Paraguaná y ubicación de la comunidad de Adícora.

Las muestras examinadas se les dieron el siguiente tratamiento:

a) Medición con un ictiómetro graduado en milímetros de la longitud total o distancia de la punta del hocico con la boca cerrada y el extremo distal de la aleta caudal. Las medidas fueron agrupadas en clases de talla con una amplitud de un centímetro.

b) Peso de cada ejemplar en gramos, utilizando una balanza Iderna de precisión de 1 gr.

c) Determinación del sexo y el estado de madurez sexual mediante disección, según la escala empírica descrita por Tabb (1961) para *C. nebulosus*:

I - Inmaduros

II - Pre maduración o recuperación de peces frezados

III - Primer estado de maduración

IV - Segundo estado de maduración

V - Freza

VI - Post freza.

Estructura Poblacional

Distribución de Frecuencias de Talla

La distribución por talla y por sexo se analizó en base a las capturas artesanales y se determinó mediante el uso de histogramas de frecuencia de tallas, empleando como parámetro morfométrico la longitud en centímetros con intervalos de clase de 1 cm.

Biometría

El análisis de los datos de longitud y peso está orientado a caracterizar a una población, la cual permite comparar peces provenientes de diferentes zonas o medir la variación del peso esperado de un individuo, o grupos de individuos como indicador del estado físico del pez y del desarrollo gonadal (Le Cren, 1951).

La relación longitud-peso, para cada sexo y ambos sexos combinados se calculó por medio de la fórmula de crecimiento alométrico de Teisser (1948).

$P = a L^b$ en donde:

P = peso total del cuerpo (g).

L = longitud del cuerpo (cm).

a y b = constantes.

Esta ecuación fue ajustada mediante una transformación logarítmica a la siguiente expresión:

$$\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } (L).$$

La estimación de los parámetros "a" y "b" se realizó a través de una regresión por mínimos cuadrados (Sokal y Rohlf, 1969). Se comparó el valor del parámetro (a) y de la constante (b=3) a través de un t student (Sokal y Rohlf, 1969). Ya que se considera que el peso del cuerpo varía en función de la potencia cúbica de la talla y si b no difiere significativamente de 3 indica un crecimiento isométrico y si b difiere de 3 se le considera alométrico. Este será mayorante si b es mayor de 3 y minorante si b es menor de 3 (Ricker, 1975).

Aspectos Reproductivos

El estudio de los aspectos reproductivos de los peces es de gran importancia ya que el desarrollo del sistema reproductor está muy relacionado con las condiciones del medio. La determinación de los sexos y de las fases de madurez sexual, proporcionan conocimientos fundamentales de la biología de la reproducción de una población (García, 1992). La información obtenida puede emplearse para establecer la edad y talla a que los peces alcanzan la madurez sexual ya que esto nos permite evaluar la edad óptima de primera captura permitiendo así, una mejor planificación de las pesquerías.

Proporción Sexual

Se determinó la proporción de machos y hembras, que aparecen en la captura comercial y se aplicó la prueba estadística Chi Cuadrado (X^2) para demostrar si existen diferencias en la proporción de sexos (Sokal y Rohlf, 1981).

Talla de Primera Madurez Sexual

La talla de madurez sexual, que es la talla donde el 50 % de la población se encuentra sexualmente madura se estableció analíticamente mediante la representación gráfica de la frecuencia porcentual acumulada de individuos maduros, estadios III a V, para cada sexo, contra la longitud total agrupada en clases de talla.

Parámetros de Crecimiento

La determinación de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy, Loo (longitud máxima teórica que puede alcanzar un pez) y K (coeficiente de crecimiento), se estimaron aplicando el método de Gulland y Holt (citado por Gayanilo et al., 1989). Para esto se utilizó en primer lugar el método de Battacharya (1967) el cual es útil para descomponer distribuciones polimodales suponiendo normalidad. Así mismo, se utilizó el método de Wetherall (1986), para obtener los

estimados de Loo y Z/K. Estos métodos basados en análisis de frecuencias por longitud forman parte del paquete computarizado ELEFAN (Gayanilo et al., op cit).

El método de Gulland y Holt (1959) está definido por la ecuación

$$D L / D t = K L_{oo} - K L(t)$$

Donde:

$D L / D t$ = incremento de longitud en función del tiempo

$L(t)$ = longitud promedio dentro del intervalo t

Usando $L(t)$ como la variable independiente la ecuación anterior pasa a ser linealizada

$$D L / D t = a + b L(t)$$

Los parámetros K y L_{oo} son obtenidos de:

$$K = -b \text{ y } L_{oo} = -a/b.$$

RESULTADOS

Frecuencia de Tallas

En total se estudió una muestra de 1913 ejemplares, que presentaron una distribución polimodal en sus tallas cuya longitud total osciló entre 120 y 510 mm de longitud total, con talla media de 270 mm; (59%) de los ejemplares analizados correspondió a tallas mayores a 270 mm, mientras que tan solo un (41%), se ubicó en tallas menores a la talla promedio. (Fig.2)

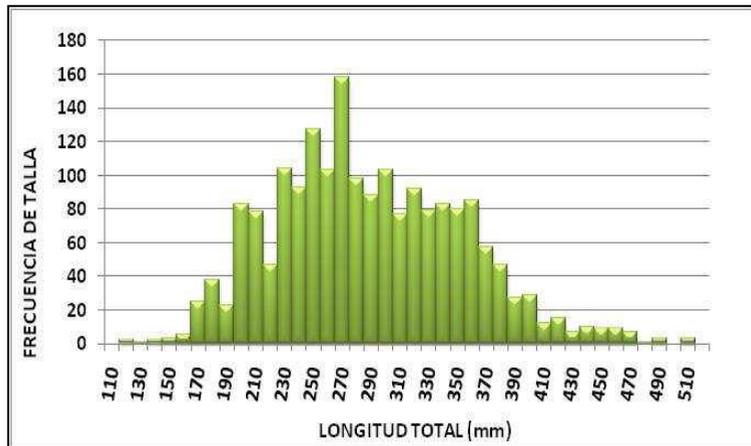


Figura2. Distribución de frecuencia de talla de la especie pargo guanapo (*Lutjanus synagris*) capturado por la flota artesanal de la comunidad de Adícora

Las frecuencias porcentuales por talla de hembras de *Lutjanus synagris* correspondientes al período de estudio se encuentran graficadas (Fig. 3).

Se observa que el límite inferior de tallas está comprendido entre 120 mm y 190 mm; mientras que la superior está entre 430 mm y 510 mm. Obteniéndose la mayor cantidad de animales en los meses de enero, febrero, junio y septiembre del año 2010. La gama de tallas en los machos de 130 mm a 490 mm (Fig. 4). Es ligeramente más estrecha que en las hembras.

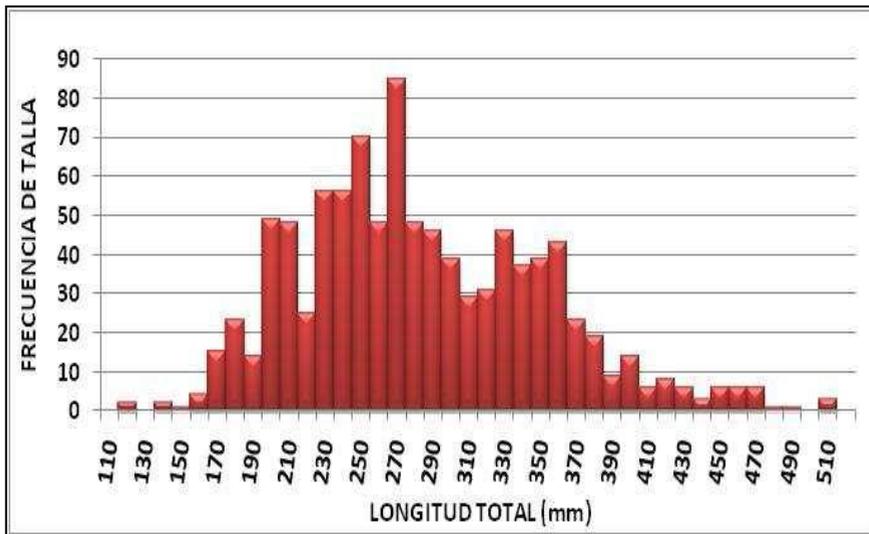


Figura 4. Distribución de frecuencia de talla de la especie pargo guanapo hembras (*Lutjanus synagris*) capturado por la flota artesanal de la comunidad de Adícora.

Los mayores porcentajes para los dos sexos se encontraron entre las tallas correspondientes a individuos inmaduros y maduros sexualmente (Fig.5). Este último grupo estaría representado por individuos con tallas superiores a los 240 mm de longitud total, y la menor frecuencia de tallas correspondió a ejemplares de 470 mm de longitud total en adelante.

Las clases menores de tallas (130 a 190 mm), también se encuentran en el área aunque en menores proporciones durante todo el año. Esto sugiere una renovación constante y permanente de la población a lo largo de todo el año, sin apreciarse claramente una época definida para el reclutamiento de la especie al área de pesca.

Las tallas que presentaron la mayor frecuencia están comprendidas entre 250 mm y 270 mm, seguido por un grupo de tallas que oscilan entre 300 mm y 320 mm, además se presenta otro grupo de tallas entre 220 mm – 230 mm y 240 mm. Con respecto al valor promedio obtenido (270 mm) este se encuentra por encima de los obtenidos Cervigón y Fisher (1979), quienes manifestaron valores de longitud promedio de 200 y 250 mm respectivamente. Además es inferior a los suministrados por Gómez et al. (1999), y Aldama (2004), quienes registraron valores de 318 y 295 mm de longitud promedio para el Golfo de Paria y el Golfo de Venezuela respectivamente.

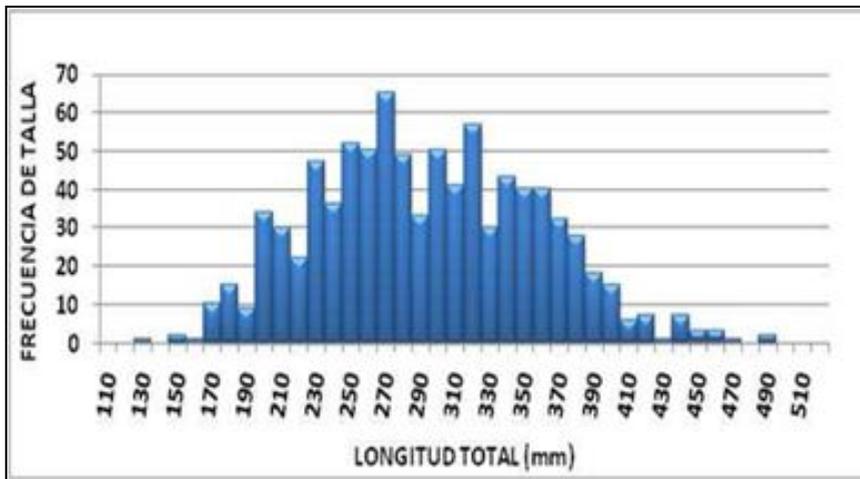


Figura 5. Distribución de frecuencia de talla de la especie pargo guanapo machos (*lutjanus synagris*) capturado por la flota artesanal de la comunidad de Adícora.

Relación Talla Peso

El análisis de los datos de longitud y peso, permite describir en forma matemática la relación entre la talla y el peso, de tal manera que uno pueda ser convertido en otro; así mismo, medir la variación del peso esperado para un pez o grupo de peces, como indicador de las condiciones alimentarias y desarrollo gonadal (Le Cren, 1951). Poco se conoce sobre la relación talla peso de peces explotados comercialmente en la región Occidental. Por esta razón es importante ya que esta información puede ser muy útil para propósitos estadísticos de pesquerías y biológicos.

La relación entre la longitud total y el peso de *Lutjanus synagris* se determinó anualmente y por sexo, mediante una regresión potencial. Para los machos (Fig .6)

El valor de b fue (2.418). La ecuación que relaciona la longitud y el peso para los machos quedó establecida como:

$$P = 4.0 \cdot 10^{-4} L^{2.418}$$

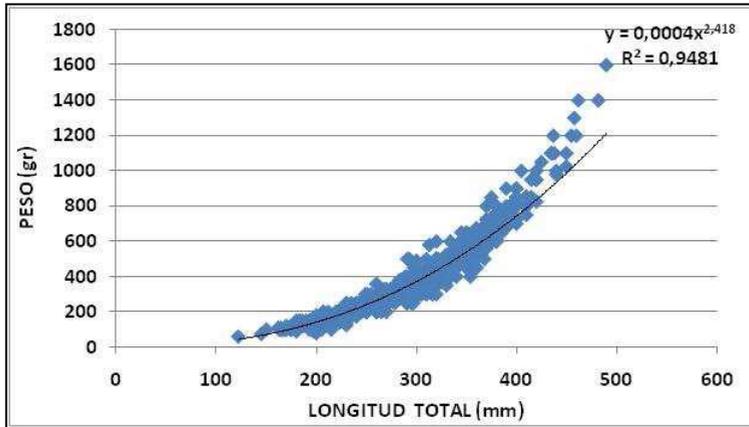


Figura 6. Representación de la talla-peso (machos) para *Lutjanus. synagris*.

Para el caso de las hembras de *Lutjanus synagris* el valor de b fue estimado en (2.382) (Fig.7) fue:

$$P = 5.0 \cdot 10^{-4} L^{2.3824}$$

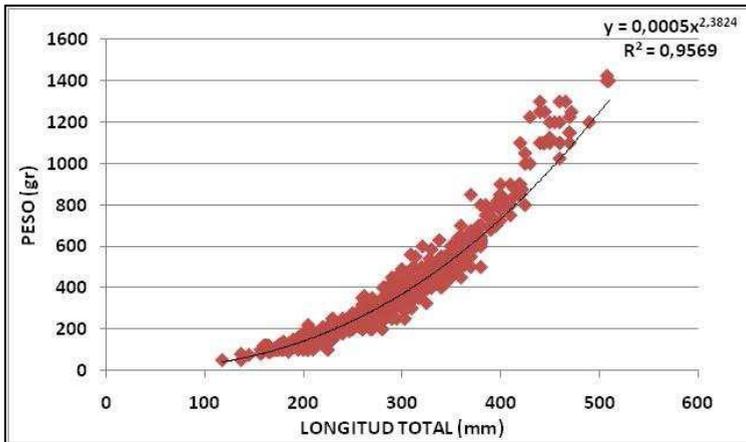


Figura 7. Representación de la talla-peso (hembras) para *Lutjanus. synagris*.

Pero no hubo diferencias entre sexos para este coeficiente, cuando se compararon las pendientes de la regresión mediante la aplicación del t-student ($P>0.05$) y los interceptos mediante un análisis de covarianza ($P>0.05$).

De acuerdo a ello se estimó una ecuación común para ambos sexos (Fig. 8):

$$P = 4.0 \cdot 10^{-4} L^3 + 2.4019$$

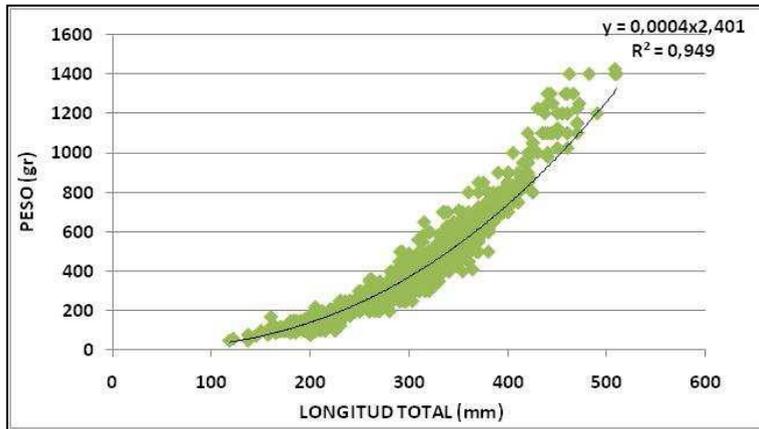


Figura 8. Representación de la talla-peso (Ambos sexos) para *Lutjanus synagris*.

La no existencia de diferencias de la longitud y el peso por sexo indica que tanto los machos como las hembras tienen una alometría similar.; ya que, se considera que el peso del cuerpo varía en función de la potencia cúbica de la talla y si b no se diferencia significativamente de 3 indica un crecimiento isométrico y si b difiere de 3 se le considera un crecimiento alométrico. Este será mayorante si b es mayor de 3 y minorante si b es menor de 3. En el caso de *Lutjanus synagris* la relación varía de 3, por lo tanto tiene un crecimiento alométrico.

Estos resultados se asemejan a los expuestos por Gómez et al (1999), quien estimó un crecimiento alométrico minorante para la misma especie en el Golfo de Paría con un valor de $b=2.64$, sin embargo se aleja de los resultados obtenidos por Barros et al (1994) y Aldama (2004), quienes estimaron un crecimiento alométrico con valores de $b=2.91$ y 2.99 , en Santa Marta Colombia y el Golfo de Venezuela respectivamente.

La diferencia entre los valores encontrados indicaría que provienen de poblaciones diferentes, lo cual es la hipótesis más aceptada. Por otra parte el estado de explotación de estas poblaciones y la influencia del ambiente pudieran estar determinando las diferencias observadas.

Proporción de Sexos

Es importante determinar la proporción de sexos de cualquier especie bajo explotación, ya que la estructura poblacional varía dependiendo de la especie, también difiere de una población a otra y de un año a otro en la misma población. Por lo general, se asume una proporción de 1:1 (Margalef, 1977). Esta relación se presenta en *L. synagris* cuando se comparan las proporciones de sexos de la muestra total, mediante la prueba estadística Chi Cuadrado (X^2) (Sokal y Rohlf 1.981).

De un total de 1913 ejemplares de *Lutjanus synagris* estudiados, 1001 resultaron ser hembras representado por un 52% y 912 fueron machos con un valor de 48%. A pesar que se observa una diferencia a favor de las hembras, La distribución mensual de la proporción de sexos permite reflejar que en ciertos meses (Diciembre 2009 y Octubre 2010) se aleja un poco de la tendencia normal favoreciendo en este sentido a los machos y en los meses enero, febrero, marzo y julio con desviaciones favorables para las hembras, La alternabilidad en las proporciones de sexos en los meses donde se detectaron diferencias significativas podrían estar relacionadas a la insuficiencia de muestras. Por otra parte, también pudiese estar relacionado a la conducta reproductiva de la especie así como a la época de desove. (Véase figura 9).

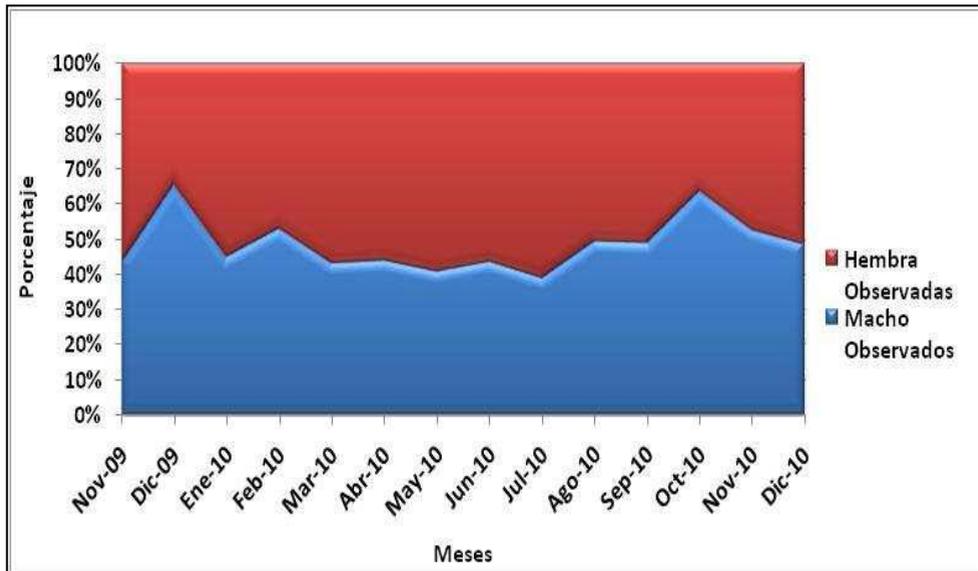


Figura 9. Distribución de la proporción sexual machos-hembras de *Lutjanus synagris*.

Madurez Sexual

La madurez sexual se realizó utilizando como referencia los distintos estadios de madurez que presenta la especie en estudio, observándose que el estadio uno fue el que presentó más variaciones entre sexos del Guanapo, con mayor cantidad de ejemplares machos con altos porcentajes en los primeros meses del año, resaltando que al agrupar los sexos nos refleja ciertos picos en los meses diciembre 2009, enero y febrero 2010 evidenciando la presencia de ejemplares inmaduros para ambos sexos (véase figura 10).

La cantidad de individuos pre maduros (II estadio) se observó en los meses de enero, febrero y junio con una mayor tendencia hacia los dos primeros meses, por otra parte la mayor presencia de ejemplares referentes al primer estadio de maduración (estadio III), correspondió al mes de junio acotando que existen más ejemplares pertenecientes a las hembras que a los machos, con importantes valores en otros meses como marzo y septiembre. En cuanto al (estadio IV) o segundo estadio de maduración puede destacarse que posee mayor abundancia de este en consideración a los meses de todo el año reflejando algunos picos para los meses de junio y septiembre nuevamente a favor de las hembras, además de cierta tendencia de disminución para los meses octubre, noviembre y diciembre (véase figura 11).

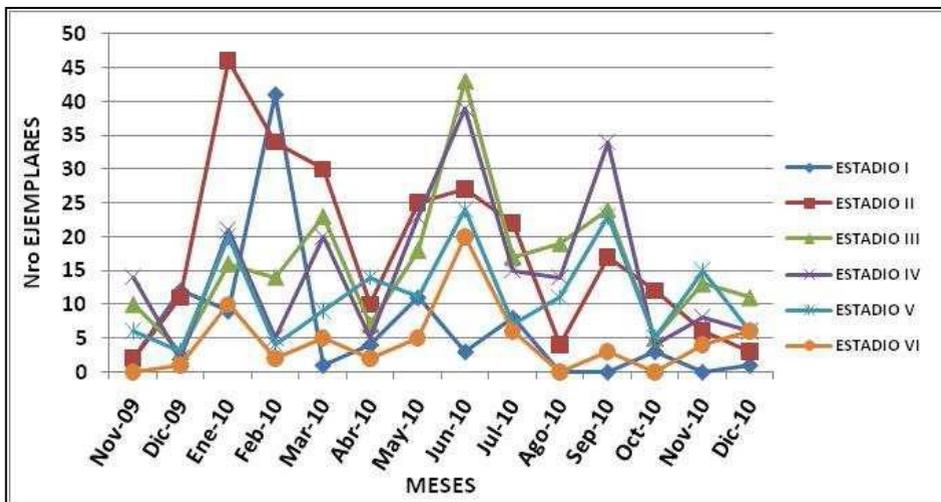


Figura 10 Representación de los diferentes estadios de hembras *Lutjanus synagris* de acuerdo a los meses de muestreos en Adícóra.

Para el estadio V ó ejemplares freza resalta la presencia de mayor número en los meses de enero, junio y septiembre con mayor representación de hembras en comparación a los machos, además una notable disminución para los meses de noviembre y diciembre de cada año tanto de hembras como de machos. Los ejemplares pertenecientes al estadio VI o también llamado post-freza reflejan mayor presencia en el mes de junio otra vez a favor de las hembras con importantes picos en los meses de enero y septiembre quizás por el hecho de agruparse por la época de desove. Es importante destacar que aunque la mayor presencia en el mes de junio sea por parte de las hembras, los machos de *Lutjanus synagris* que se encuentran en este estadio se presentan en la mayoría de todos los meses del año mientras que las hembras se encuentran agrupadas en ciertos meses del año.

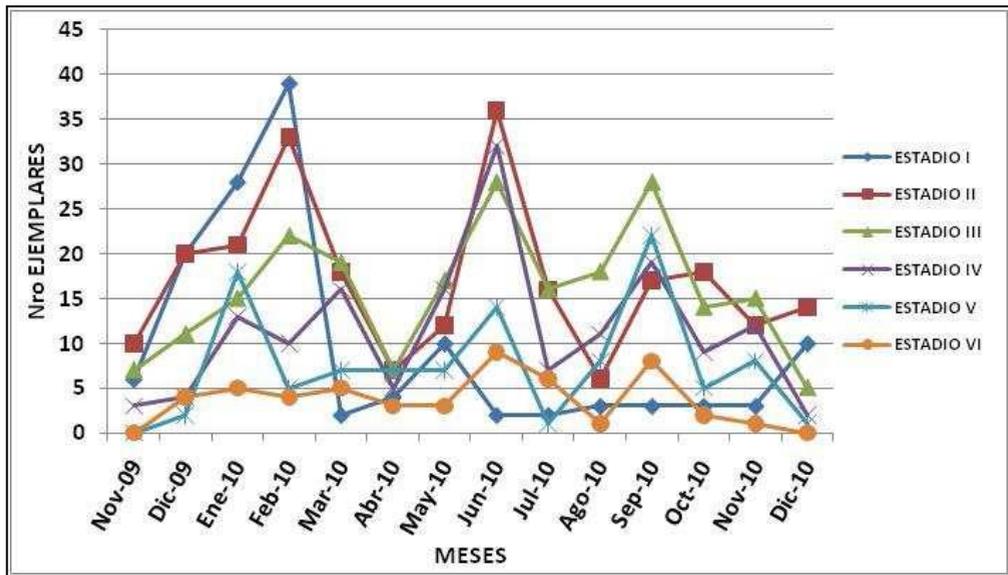


Figura 11. Representación de los diferentes estadios de machos *Lutjanus synagris* de acuerdo a los meses de muestreos en Adícora.

Talla de Primera Madurez Sexual

Se presentan las frecuencias de individuos maduros, estadios III a V, para cada sexo, según clases de tallas (Figura. 12 y 13). Graficando las frecuencias relativas acumuladas contra las clases de tallas se obtienen curvas sigmoideas bastante regulares, que permiten calcular la talla de maduración del 50% de los individuos, resultando ser 275 mm para los machos y 304 mm para las hembras. Dichas curvas también permiten estimar la talla mínima de maduración sexual, que es de 150 mm para los machos y 110 mm para las hembras.

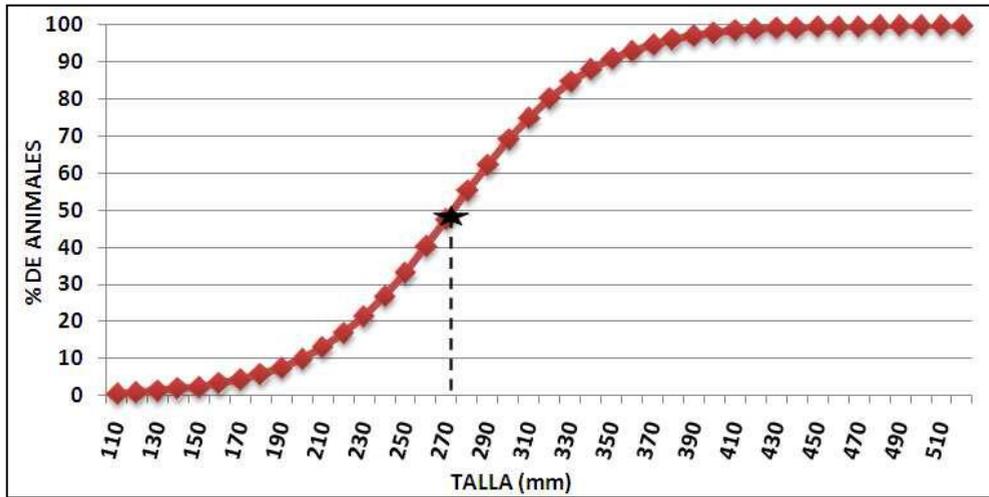


Figura 12. Talla de primera madurez sexual para hembras guanapo (*Lutjanus synagris*) explotado por la flota artesanal de la comunidad de Adícora

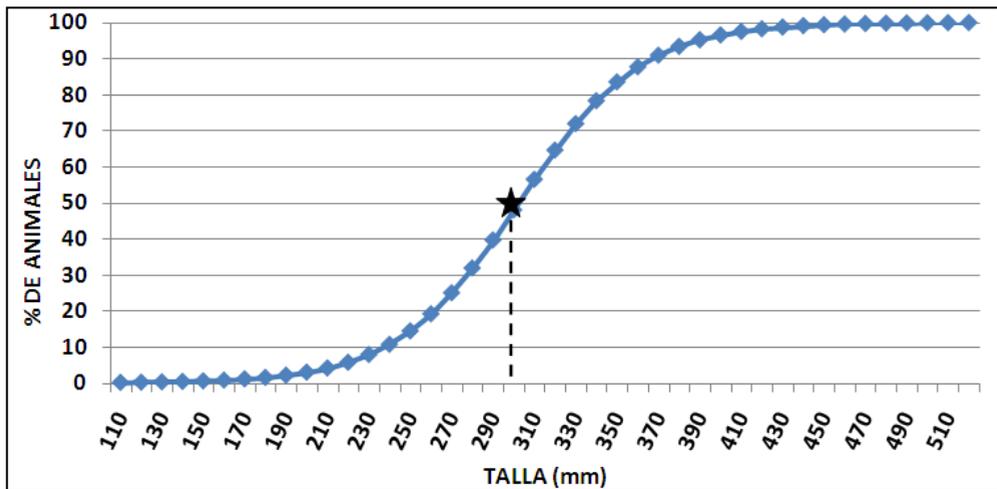


Figura 13. Talla de primera madurez sexual para machos guanapo (*Lutjanus synagris*) explotado por la flota artesanal de la comunidad de Adícora

Parámetros de Crecimiento

Los parámetros de crecimiento constituyen parte importante en los estudios de biología de peces, ya que la determinación e incorporación de los mismos en los modelos analíticos para evaluación de stock. Permite inferir en los niveles de explotación y manejo de un recurso (Valle et al., 1997) Debido a que no hubo diferencia significativa entre sexos de *Lutjanus synagris*, la estimación de los parámetros de crecimiento se realizó a través de la aplicación del ploteo de Gulland y Holt (1.959) para sexos combinados obteniéndose una longitud asintótica (L_{μ}) de 534 mm y una constante de crecimiento (k) de 0.26 año⁻¹ (véase figura 14)

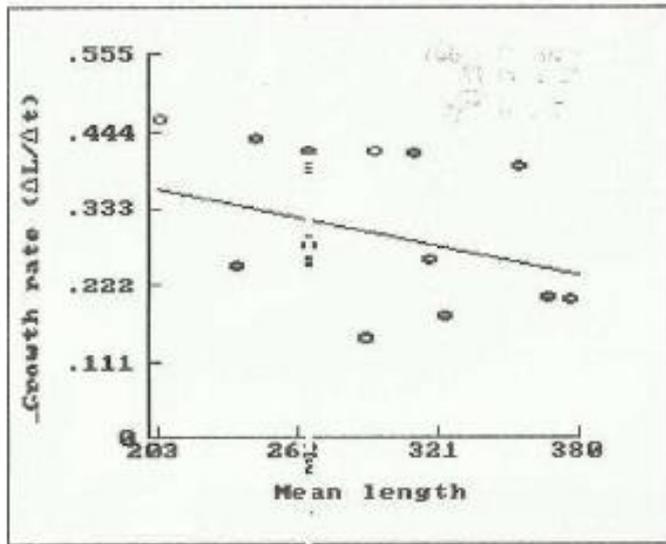


Figura 14. Representación de los parámetros de crecimiento Longitud Asintótica (L_{μ} = 534 mm) y constante de crecimiento $K= 0.26$ para *Lutjanus synagris*.

Los parámetros obtenidos para este estudio difieren de los resultados reportados por Gómez et al (1.999) con valores de (L_{μ}) de 512 mm (k) de 0.20 año⁻¹ para la misma especie en el Golfo de Paria Edo Sucre, esto en referencia a pesca artesanal. Por su parte se puede reflejar una disminución en cuanto a los resultados de (L_{μ} = 562 mm) y una semejanza de la constante de crecimiento ($k= 0.25$ año⁻¹) obtenida por Aldama (2004). En un estudio realizado a la pesquería industrial de arrastre con respecto a la misma especie.

Sin embargo, hay que destacar que estos parámetros varían en función al tiempo, lugar, presión pesquera y otros factores que influyen directa e indirectamente sobre el recurso.

CONCLUSIONES

La relación entre la longitud total y el peso de *Lutjanus synagris* se determinó anualmente y por sexo, mediante una regresión potencial. Para los machos el valor de b fue (2.418). La ecuación que relaciona la longitud y el peso para los machos quedó establecida como: $P = 4.0 \cdot 10^{-4} L^{2.418}$ y para las hembras $P = 5.0 \cdot 10^{-4} L^{2.3824}$.

La proporción de sexos no se aleja de la esperada 1:1

La talla de primera madurez sexual indica que las hembras *Lutjanus synagris* maduran más rápido (275 mm) en comparación a los machos (304 mm).

La talla de maduración del 50% de los individuos, resultando ser 275 mm para los machos y 304 mm para las hembras. Dichas curvas también permiten estimar la talla mínima de maduración sexual, que es de 150 mm para los machos y 110 mm para las hembras.

La estimación de los parámetros de crecimiento se realizó a través de la aplicación del ploteo de Gulland y Holt (1.959) para sexos combinados obteniéndose una longitud asintótica (L_{∞}) de 534 mm y una constante de crecimiento (k) de 0.26/año-1

REFERENCIAS

- ALDAMA, L. (2004). “Evaluación de la explotación pesquera del recurso Guanapo *Lutjanus synagris* (linnaeus, 1758) en el Golfo de Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Falcón – Venezuela 132p.
- ALVAREZ, R, POMARES, O (1996). Aspectos biológicos del Guanapo *Lutjanus synagris* y la Curvinata *Macrodon ancylodon* en el Golfo de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- BARROS, M, J, CORREAS (1994). Análisis biológico y pesquero parámetros biológico-pesqueros de pargo rayado (*Lutjanus synagris*, Linaeus 1758) en el área de Santa Marta de Colombia Caribe Colombiano Disponible:<http://ices.gov/revistas/inpa/pargo.html>
- BHATTACHARYA, C.G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics. 23: 115-135
- CERVIGÓN, F. (1966). “Los Peces Marinos De Venezuela”. TOMO I. Ed. Sucre. Caracas, Venezuela. 436PP.
- CERVIGON, F. Y W. FISCHER. 1979 Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina. Parte I. Atlántico Centro y Sur Occidental. Roma FAO/UNDP. Sic/1372 p. 1979.

- CLARO R. (1983). Ecología y ciclo de vida de la biajaiba. *Lutjanus synagris*, en la Plataforma Cubana.V. Dinámica estacional de algunos indicadores morfofisiológicos. Reporte Inv.Inst. Oceanol. Acad.Cienc. Cuba. 16.38 pp
- FISHER, W. (1978). FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes, Western Central Atlantic. Fishing Área 31. FAO, Roma
- GARCIA, J. 1992. Edad y crecimiento de algunos peces neríticos de Cuba. Tesis Ph.D., Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba, Cuba
- GAYANILO, E. C. Jr., M SORIANO AND D. PAULY. (1989). A draft guide to the complete ELEFAN. ICLARM soft ware proyect .2.65p. y los diskettes (5.25 inches, 360k).
- GINES. 1975. Los recursos vivos del mar Venezolano. Mem.Soc. Cien. Nat. La Salle, Caracas. 35(100):5-67.
- GINES, Hno.et al. 1982. Carta Pesquera de Venezuela (2).Areas Central y Occidental. Fund. La Salle de Ciencias Naturales Monogr. 27, Caracas, 226 p.
- ____ & F. CERVIGON. 1968. Exploración Pesquera en las Costas de Guayana y Surinam. Año 1967.Men Soc. Cien. Nat. La Salle, Caracas.28 (9):5-96.
- GÓMEZ G., R. GUZMÁN. (1999). Parámetros reproductivos y poblacionales de *Lutjanus synagris* en el Golfo de Paria, Venezuela. Instituto nacional de investigaciones agrícolas Nueva Esparta.Rev. Zootecnia Tropical, 19,(3):.335-357
- GULLAND, J. A. & S. J. HOLT. (1959). Estimations of growth parameters for data at unequal time intervals. J. Cons. CIEM, 25 (1): 47-49
- GOMEZ, G., R. GUZMAN & R. CHACON. 2002. Algunos aspectos de la biología reproductiva y poblacional del torroto, *Genyatremus luteus*, (Bloch 1797) (Pisces: Haemulidae) en el Golfo de Paria, Venezuela. Zoot. Trop. 20: 223-234.
- GUZMÁN R. Y G. GÓMEZ. (2000). Parámetros poblacionales de *Lutjanus vivanus* en Isla La Blanquilla nororiente de Venezuela. Rev. Zootecnia Trop., 18(3):287-300.
- HOLDEN, M. J. & D. F. S. RAITT. (eds.). 1974. Manual of fisheries science. Part 2. Methods of resource investigations and thier application. FAO Fish. Tech. Pap., (115): Rev.1: 211.
- INSOPESCA 2009.Instituto Socialista de la Pesca y la Acuicultura, Reportes de producciónpesquera del estado Falcón. Informe técnico sin publicar.
- INSOPESCA 2010.Instituto Socialista de la Pesca y la Acuicultura Reportes de producción pesquera de la República Bolivariana de Venezuela. Informe técnico sin publicar
- LE CREN, E. D. (1951). The length-weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca Fluviatilis*. J. Anim. Ecol 20: 201-219
- MARGALEF, R. 1977. Ecología. Ed. Omega, S. A. Barcelona. Capitulo 17. 594-600.
- PAULY, D. 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters, and mean enviromental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM, 39(2):175-92.
- PAULY, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. F.A.O. DOC. TEC. (234): 42-56.

- PINTO, P. & F, CERVIGON. 1969. Los recursos pesqueros del Norte de Sudamérica. Mem .Soc. Cien. Nat. La Salle, Caracas, 29(82):60-71.
- RICKER, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull Fish. Res. Board Ca. (191):382p.
- SOKAL, L. Y F. ROHLF. 1969. Biometry. W. H. Freeman and Co. San Francisco, 776 p.
- SOKAL R. AND ROHLF.(1981).Biometry. Freeman and Co, San Francisco, 859 pp
- SPARRE, P., E. URSIN AND S. VENEMA. 1989. Introduction to tropical fish assessment. Part 1.Manual. FAO. Fish. Tech. Pap. No.306. 1: 337 p. TABB. D. C. 1961 A contribution to the biology of the spotted seatrout *Cynoscion Nebulosus* (cuvier) of East Central Florida. ST. bd. Conserve. Technical. Series. 35:6-23
- TEISSER, G. 1948. La relation d' allometrie. La Signification statistique et Biologique. Biometrie. 4(1): 14-53.
- TORRES, R & AYALA, L (1983) parámetros de crecimiento de la l. synagris (rubia) de las costas de yucatán durante las temporadas de pesca 1983, 1984 y 1985, realizándose un análisis comparativo de los parámetros de crecimiento k y L_∞, obtenidos mediante la aplicación de retro cálculo, del paquete elefan I(brey y pauly, 1986) y del método de harding Cassie, 1954.
- VALLE, S., J. GARCÍA, ARTEAGA Y CLARO, R.(1997).Growth parameters of marine fishes in cuban waters. Rev. NAGA. The ICLARM Quartely, 20(1):34-37.



Aspectos biométricos y reproductivos del congrio *Lepophidium negropinna* (Pisces: ophidiidae) desembarcado en el Puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador

Biometric and reproductive aspects of specklefin cusk eel *Lepophidium negropinna* (Pisces: ophidiidae) landed in the Port of Jaramijó, Manabí, Ecuador

Cristhian Mero-Anchundia¹, Anthony Chompoy-Mera¹,
José Javier Alió² Hans Ruperti Loor¹,
Maribel Carrera Fernández¹

¹Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías,
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

²Maestría en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías,
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador

Cristhian Mero-Anchundia   cristhianma.pjr14@gmail.com

RESUMEN | El congrio *Lepophidium negropinna* es explotado por las flotas pesquera artesanal e industrial en Ecuador y, a pesar de la intensa actividad pesquera que soporta, son escasos los estudios sobre su biología y pesquería. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar aspectos biométricos y reproductivos de *L. negropinna* capturado por la pesquería de pequeña escala que opera desde el puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador. Para ello se realizaron muestreos desde diciembre 2021 hasta junio 2022. A los especímenes (n = 238) se midió la longitud total (LT), el peso total y eviscerado. Las gónadas y el hígado se extrajeron, pesaron y conservaron con formol 10% para la descripción macroscópica. La especie es gonocóristica, sin dimorfismo sexual. La talla promedio fue de $38,6 \pm 5,95$ cm LT (23,3 a 56,1 cm LT), el peso total promedio fue de $276,38 \pm 148,75$ g (44,89 a 845,00 g), lográndose observar la presencia de dos cohortes con modas a los 35 y 43 cm LT. La relación talla-peso total mostró un valor de $0.00122 * Lt^{3.35}$ ($r^2 = 0.976$) y talla-peso eviscerado de $0.00116 * Lt^{3.35}$ ($r^2 = 0.974$), indicando un crecimiento alométrico positivo. Según el índice gonadosomático (IGS), la mayor actividad reproductiva fue en marzo y abril. El índice hepatosomático (IHS) con respecto al IGS presentó una variación sincrónica e invertida, lo que sugiere que la especie deriva reservas energéticas del hígado para la formación de tejido gonadal. La talla de madurez (L_{50}) se estimó en 31,8 cm LT. Se observó que los juveniles representaron el 10% de los

Palabras clave |
Talla de madurez,
Índice gonadosomático,
índice hepasomático,
Jaramijó.

desembarques. Se recomienda el análisis histológico de las gónadas para definir las etapas de madurez sexual.

ABSTRACT | The Specklefin cusk eel, *Lepophidium negropinna*, is exploited by the artisanal and industrial fishing fleets and, despite the intense fishing activity that it supports, studies on its biology and fishery are scarce. Therefore, the objective of this study was to determine biometric and reproductive aspects of *L. negropinna* captured by small-scale fishing operating from the port of Jaramijó, Manabí, Ecuador. For this, samplings were carried out from December 2021 to June 2022. In the specimens ($n = 238$), the total length (TL), and weight, and eviscerated weight were measured. Gonads and liver were removed, weighed, and preserved in formalin 10% for macroscopic description. The species is gonochoristic without sexual dimorphism. The average size was 38.6 ± 5.95 cm TL (23.3 to 56.1 cm TL), the average total weight was 276.38 ± 148.75 g (44.89 to 845.00 g), observing the presence of two cohorts with modes at 35 and 43 cm TL. The relationship length-total weight was $0.00122 * L_t^{3.35}$ ($r^2 = 0.974$), and for length-eviscerated weight $0.00116 * L_t^{3.35}$ ($r^2 = 0.976$) indicating a positive allometric growth. According to the gonadosomatic index (IGS), the highest reproductive activity was observed in March and April. The hepatosomatic index (IHS) with respect to the IGS presented a synchronous and inverted variation, which suggests that the species derives energy reserves from the liver for the formation of gonadal tissue. The size at maturity (L_{50}) was estimated at 31.8 cm TL. Juveniles represented 10% of landings. Histological analysis of the gonads is recommended to define the stages of sexual maturity.

Keywords |

Size at maturity, gonadosomatic index, hepasomatic index, Jaramijó biotope,

INTRODUCCIÓN

El congrio, culón o congriperla pintada *Lepophidium negropinna* (Hildebrand & Barton, 1949) es un pez óseo marino perteneciente a la familia Ophidiidae (Robertson & Allen, 2015). Posee un cuerpo anguiliforme, coloración marrón oscuro, vientre pálido, aletas anal y dorsal muy largas, esta última con pequeñas manchas negras irregulares (Jiménez & Beárez, 2004).

Esta especie se distribuye desde el sur de Baja California en México hasta el norte de Perú (Fig. 1) (Robins, et al., 2012). Habita en fondos blandos hasta los 390 m de profundidad (Nielsen et al., 1999). Su dieta se compone principalmente de crustáceos, moluscos y otros peces óseos.

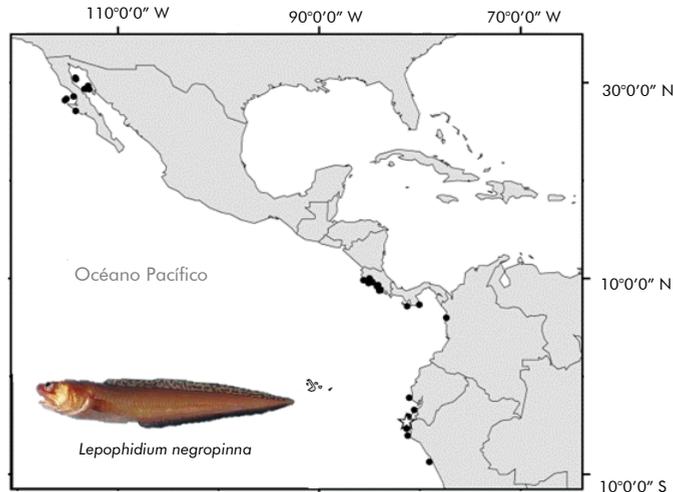


Figura 1. Área de distribución biogeográfica de *L. negropinna*. Imagen del mapa tomada de Robins et al. (2012). Fotografía de la especie copyright Robertson & Allen (2015).

En Ecuador, *L. negropinna* es explotado por la flota pesquera artesanal que opera con espinel de fondo y la industrial polivalente con redes de arrastre. Para el primer caso, forma parte de la pesca objetivo junto con *Brotula clarkae* (corvina de roca), mientras que en el segundo constituye la fauna acompañante de la pesquería de camarón y merluza (*Merluccius gayi*) (García et al., 2014).

Su carne es muy valorada, y generalmente se comercializa en fresco, entero o fileteado (Jiménez & Beárez, 2004). La especie es la más grande de su género (Fischer et al., 1995). Diversos estudios reportan tallas máximas de ejemplares capturados que van desde los 50 cm (Jiménez & Beárez, 2004) hasta los 54 cm (Robertson & Allen, 2015).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha registrado a este pez en la categoría de Preocupación Menor (Least Concern), situación que contrasta con el profundo desconocimiento que existe sobre la tendencia poblacional de este recurso (Lea et al., 2010).

Este escenario no es ajeno a nuestro país, teniendo en cuenta la escasa información disponible sobre *L. negropinna* y la mayoría de las especies que constituyen los desembarques artesanales de pesca demersal. En este mismo sentido, los trabajos publicados son coyunturales a la especie y muy genéricos en cuanto al estado de comprensión sobre su biología y uso por parte de la flota pesquera.

Para cerrar vacíos en el conocimiento de su historia de vida, es fundamental realizar estudios que permitan comprender su dinámica de captura. En particular, abordar temas como la reproducción, los ciclos de desove, la fecundidad, el potencial de desove y la talla madurez sexual (L_{50}), ya que estos parámetros serán de gran utilidad para el adecuado manejo y conservación del recurso (Vélez-Arellano et al., 2022).

Con el propósito de cumplir con tales objetivos, este trabajo de investigación busca evaluar aspectos biométricos (relación talla-peso, estructura de tallas y talla media de captura) y reproductivos (caracterización macroscópica de gónadas, índices gonadosomático, hepatosomático, factor de condición y talla de madurez sexual L_{50}), con el fin de apoyar las medidas que promuevan un mejor aprovechamiento de *L. negropinna* por parte del ente de administración pesquera del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los muestreos se realizaron durante los meses de diciembre 2021 a junio 2022 en el muelle pesquero del cantón Jaramijó ($0^{\circ}56'S$, $80^{\circ}38'O$) (Figura 2). La economía de este lugar se basa principalmente en la pesca. Aquí, tanto la flota pesquera artesanal como la industrial desembarcan una gran cantidad de peces pelágicos (Scombridae, Istiophoridae, Coryphaenidae) y demersales (Serranidae, Ophididae, Malacanthidae) que abastecen a comercios locales y/o empacadoras cuyo objetivo es procesar y comercializar algunos de estos productos.

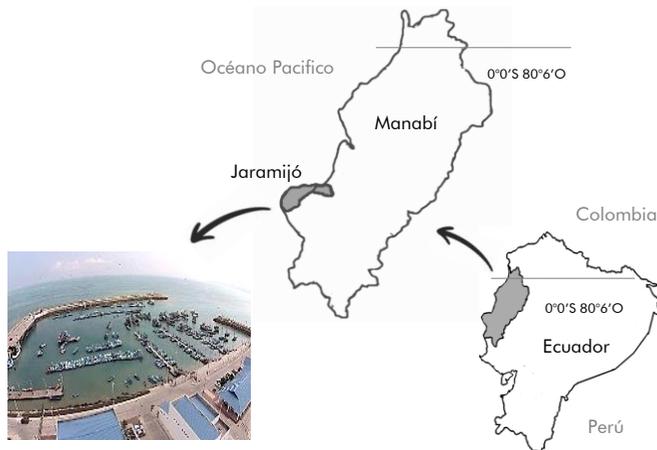


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio ($0^{\circ}56'S$, $80^{\circ}38'O$). Foto del muelle de Jaramijó propiedad de SETEGISP.

Fase de campo

Los ejemplares obtenidos en este estudio procedían de los desembarques de la flota pesquera artesanal que utiliza palangre de fondo para su captura. Una vez que las embarcaciones arribaron al puerto, se seleccionó aleatoriamente un número estimado de 30 individuos de varios tamaños por mes.

Con base en los trabajos de Fisher et al (1995), Jiménez & Beárez (2004) y Robertson & Allen (2015), fue posible identificar la especie. Tratando de preservar lo mejor posible al animal, se utilizaron contenedores isotérmicos con abundante hielo. Los análisis posteriores se realizaron en el Laboratorio de Ecología de Peces de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Fase de laboratorio

La longitud total (LT) de cada ejemplar se obtuvo con un ictiómetro (precisión ± 1 mm), mientras que el peso total se midió con una balanza electrónica OHAUS modelo SPX622 (precisión $\pm 0,01$ g).

Se extrajeron las gónadas, el hígado y resto de vísceras a través de un corte ventral a la altura de la abertura anal, para su posterior pesaje como peso eviscerado. Luego, las gónadas fueron fijadas en formol neutro al 10% y almacenadas en recipientes de plástico rotulados para los posteriores análisis de identificación del sexo. Los datos biométricos y biológicos se registraron en bitácoras de campo e incorporados luego a una base de datos digital.

Las gónadas fueron medidas con ayuda de un calibrador y fotografiadas mediante cámaras digitales. En cuanto a la descripción, se tomaron los criterios de Perea & Castillo (2016) y Holden & Raitt (1975) basados en características macroscópicas. La caracterización fue apoyada por un estereoscopio marca LABOMED. Utilizando estas herramientas fue posible identificar las hembras en la especie. En el caso de los machos, la dificultad fue mayor, y se recurrió a evaluaciones bajo el microscopio compuesto para identificar testículos de gónadas inmaduras.

Biometría

Estructura de tallas

Para evaluar la distribución de frecuencias de tallas, se estableció el número de clases según la fórmula de Sturges (Tapia & Cevallos, 2021). La talla media de captura se estimó usando las frecuencias acumuladas de las clases de talla de los animales recolectados durante el periodo de estudio. Los valores se ajustaron a la curva del modelo logístico, linealizándola de manera similar a la curva de madurez (ver más adelante, cálculo de la talla de madurez de la L_{50}).

Relación Talla-Peso

Para el análisis de la relación talla-peso se utilizó una regresión potencial definida por la ecuación (Ricker, 1975; Gulland, 1983).

$$P = a * Lt^b$$

En la que:

P es el peso total del pez (g)

Lt la longitud total (cm) a es la ordenada de origen y la pendiente b que describe el tipo de crecimiento exhibido por el pez. Los valores de a y b se obtuvieron de la ecuación de potencia linealizada por logaritmos y utilizando el método de mínimos cuadrados (Munro & Pauly, 1983).

$$\text{LN}(P) = \text{LN}(a) + b \text{LN}(Lt)$$

El crecimiento isométrico ocurre si $b=3$, es decir, cuando el peso y la longitud crecen en la misma proporción con el tiempo. Si $b>3$, el crecimiento es alométrico positivo, caso contrario, será alométrico negativo si $b<3$ (Pauly, 1984).

Para comparar el coeficiente de alometría (b) obtenido con el valor de 3 se aplicó la prueba t de Student (Zar, 2019):

$$t = \frac{(b - \beta)}{EE b}$$

Donde:

t es el coeficiente de Student

b es el coeficiente de alometría

β es la pendiente de referencia (=3)

EE b error estándar del coeficiente de alometría.

Reproducción

Índice gonadosomático (IGS)

La estimación de este índice se realizó considerando solo los individuos maduros, con tallas igual o superiores al L50:

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso Gónada}}{\text{Peso eviscerado}} \times 1000$$

Este índice permite conocer los períodos de mayor actividad reproductiva de la especie en un ciclo anual (Brown-Peterson *et al*, 2011).

Índice hepatosomático (IHS)

Se expresa como peso del hígado (Ph) dividido por el peso total (Pt) (Zavala-Leal *et al.*, 2019).

$$\text{ISH} = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso eviscerado}} \times 100$$

Valores altos de este índice implican mayores reservas de energía almacenadas en el hígado, que pueden usarse para formación de tejido gonadal o para crecimiento en biomasa (Medina *et al.*, 2019).

Factor de condición de Fulton (K)

El factor de condición de Fulton (Fulton, 1904, citado por Nash *et al.*, 2006) se estimó según Da Costa & Gerson (2003).

$$K = \left(\frac{Pt}{Lt^3} \right) * 100$$

Donde

Pt = peso total del pez

Lt = longitud total del pez

Se estimó la significación de las diferencias entre meses de los índices IGS, IHS y K por medio de pruebas de ANOVA de una vía y una prueba a *posteriori* de Tuckey-Cramer. Previamente se verificó la normalidad de los datos y la homocedasticidad de las varianzas usando pruebas de Shapiro-Wilks y la relación de varianzas (Fmax), respectivamente (Zar, 2019).

Cuando la distribución de los datos no fue normal y las varianzas eran heterogéneas y no se pudieron estabilizar transformando los datos, se empleó una prueba de Kruskal-Wallis y su

correspondiente prueba *a posteriori* (Conover, 1999). Los cálculos se realizaron en Excel y en el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Talla de madurez sexual (L_{50})

La determinación de la L_{50} se efectuó considerando la época de mayor intensidad reproductiva. Debido a que no se definieron estadios de madurez sexual en la especie, el cálculo se basó en considerar a los individuos en maduros o no, con base en el peso de las gónadas y el peso total. Para esto, se establecieron intervalos de clases de talla de 3 cm y se consideraron como gónadas maduras aquellas que tenían pesos mayores a 0,30 g. La proporción de individuos maduros se ajustó a una función logística, según Somerton (1980) y Gaertner & Laloe (1986):

$$Y = \frac{1}{[1 + e^{(A-BLt)}]}$$

Donde:

Y: proporción de individuos maduros.

X: marca de clase de la longitud de referencia.

A y B: constantes del modelo

e: base del logaritmo neperiano.

La ecuación se linealizó mediante regresión:

$$\text{LN}\left(\frac{1}{Y} - 1\right) = A - B * Lt$$

De donde se calculó la L_{50} en base a la ecuación:

$$L_{50} = \frac{A}{B}$$

El IC95% de L_{50} se obtuvo por el método de propagación de errores (Durazo, 2016), con base en la ecuación:

$$\left(\frac{EE L_{50}}{L_{50}}\right)^2 = \left(\frac{EE A}{A}\right)^2 + \left(\frac{EE B}{B}\right)^2$$

Donde EE representa el error estándar de cada parámetro.

Despejando queda:

$$EE L_{50} = L_{50} * RAIZ \left[= \left(\frac{EE A}{A} \right)^2 + \left(\frac{EE B}{B} \right)^2 \right]$$

RESULTADOS

Caracterización de gónadas

Los ovarios son ovoides. Presentan dos lóbulos robustos acompañados de una larga invaginación central, escasa irrigación sanguínea, pequeños puntos negros esparcidos por toda la estructura y ovocitos visibles. El color varía de crema a rojo pálido. Suelen ser más grandes que los testículos (Fig. 3). Los testículos son pequeños y alargados. Están formados por dos delgados lóbulos unidos entre sí, con una notable invaginación central en toda su estructura, irrigación sanguínea sin puntos negros. La coloración es uniforme y varía de crema a rojo intenso (Fig. 4).



Figura 3. Identificación macroscópica de las gónadas femeninas de *L. negropinna*.

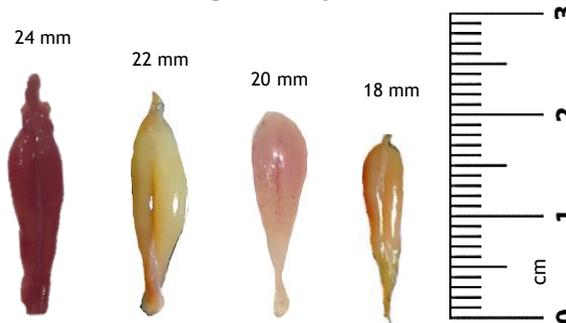


Figura 4. Identificación macroscópica de las gónadas masculinas de *L. negropinna*.

Estructura de tallas

Se analizaron 238 individuos desde diciembre de 2021 hasta junio de 2022 (Fig. 5). Las tallas oscilaron entre 23,3 y 56,1 cm de longitud total (promedio $38,6 \pm 5,95$ DE) y el peso húmedo entre 44,89 y 845,00 g (promedio $276,38 \pm 148,75$). Además, se evidencia la presencia de dos cohortes con modas a 35 y 43 cm LT (Fig. 6).

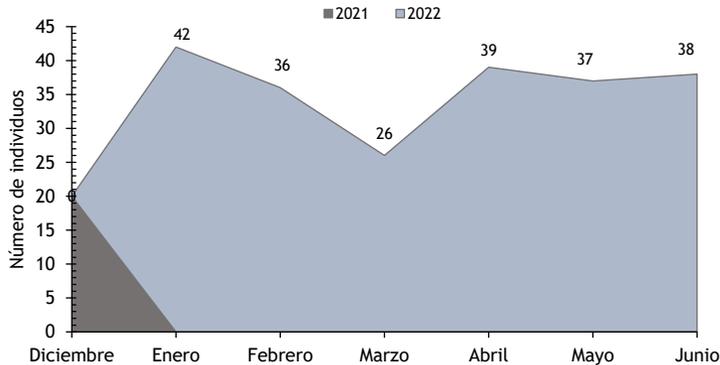


Figura 5. Número total de individuos recolectados durante los desembarques de pesca en el puerto de Jaramijó (n = 238).

El valor más bajo para talla y peso (23,3 cm; 49,9 g) se presentó en junio, mientras que los valores más altos (56,1 cm; 845,0 g) se observaron en mayo. La prueba ANOVA de una vía no detectó diferencias significativas entre los promedios mensuales de las tallas ($F= 1,70$; $P> 0,05$).

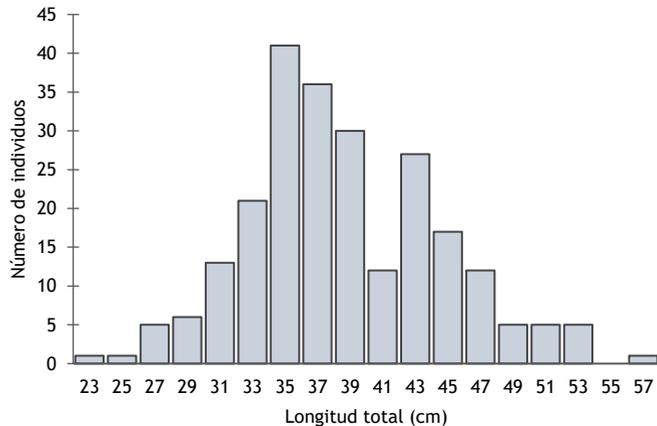


Figura 6. Distribución de frecuencias de tallas de *L. negropinna* desembarcada en Jaramijó entre diciembre 2021 y junio 2022 (n = 238).

Talla media de captura

La talla media de captura se estimó en 38 cm LT. (Fig. 7).

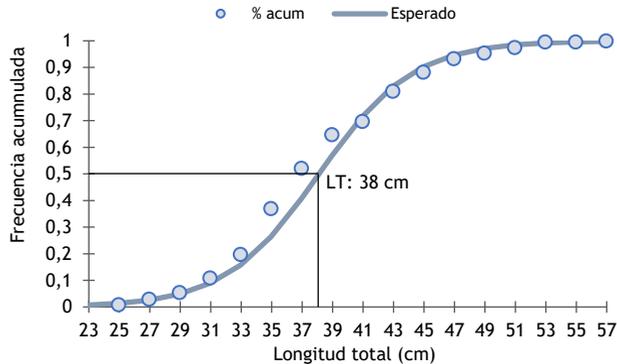


Figura 7. Talla media de captura estimada con base en la longitud total (LT) de *L. negropinna* desembarcada en Jaramijó entre diciembre 2021 y junio.

Relación talla-peso

La relación entre longitud, peso total y peso eviscerado ($n = 238$) ofreció los siguientes valores: longitud total y peso total = $0,00122 * Lt^{3,35}$; $r^2 = 0,976$; longitud total y peso eviscerado = $0,00116 * Lt^{3,35}$; $r^2 = 0,974$ (Fig. 8). El coeficiente resultó ser significativamente superior a 3, lo que indica un crecimiento alométrico positivo (prueba t de Student, $P < 0,05$). Las pendientes no mostraron diferencias significativas, pero los interceptos sí (ANCOVA, $P < 0,05$).

Índice Gonadosomático (IGS)

No se encontraron diferencias significativas entre meses en el IGS (ANOVA, $P > 0,05$). Sin embargo, el IGS mostró la tendencia a un aumento progresivo entre enero y marzo cuando se alcanzó el valor máximo (9,14), manteniendo un valor alto hasta abril (8,74) (Fig. 9). A partir de ese momento, descendió de manera sostenida hasta junio.

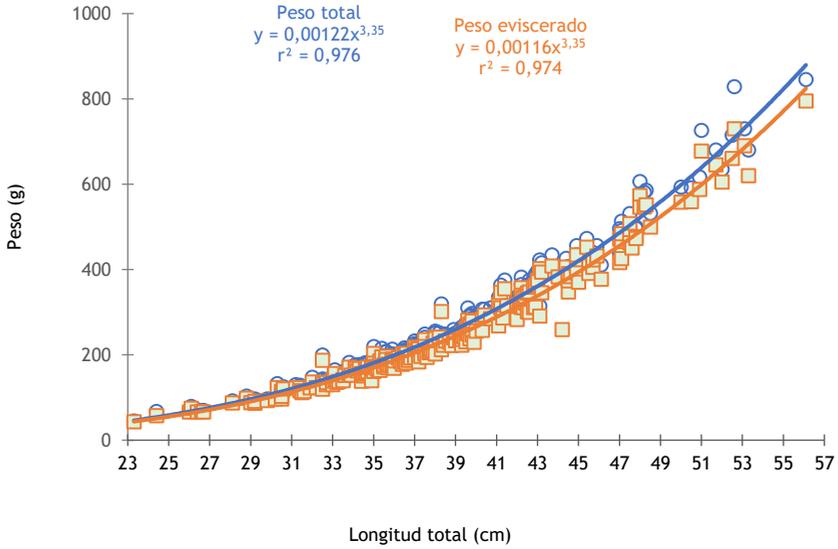


Figura 8. Relación entre longitud total, peso total (línea azul) y peso eviscerado (línea naranja) para *L. negropinna*

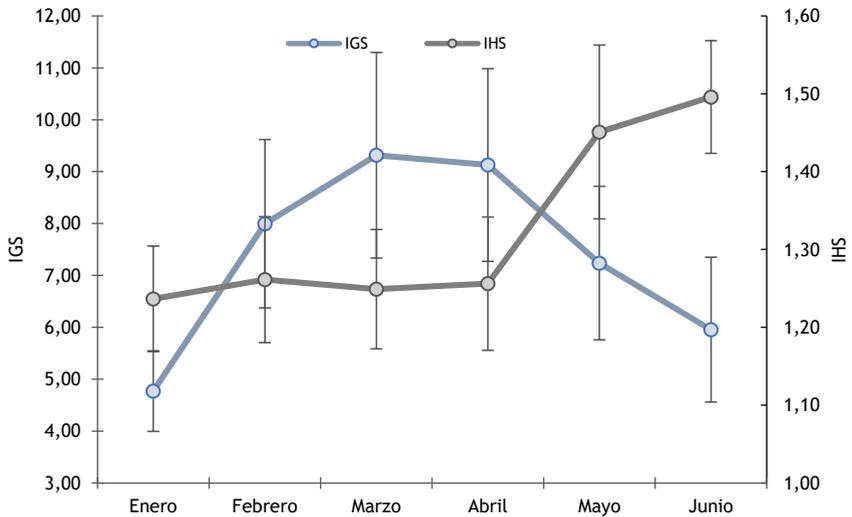


Figura 9. Valores promedio (media ±EE) del IGS e IHS de *L. negropinna* durante enero a junio del 2022.

Índice Hepatosomático (IHS)

El IHS presentó los valores más bajos durante el período de enero a abril y un aumento progresivo entre mayo y junio (Fig. 9). La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas entre meses ($H = 13,9$; $P < 0,05$). La prueba *a posteriori* reveló similitud del IHS entre diciembre y abril con valores significativamente menores en junio, mientras que el valor de mayo quedó en posición indefinida entre estos dos grupos de valores.

Factor de Condición (K)

En general, se observaron dos picos máximos de K: el primero en diciembre de 2021 y el segundo entre los meses de abril y junio. Los valores más bajos se evidenciaron entre enero y marzo (Fig. 10). La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas entre meses ($H=14,8$; $P < 0,05$), pero la prueba *a posteriori* solo pudo reconocer diferencias entre diciembre como máximo valor de k y enero-marzo como mínimos valores del parámetro, no pudiendo definirse la posición del resto de los meses.

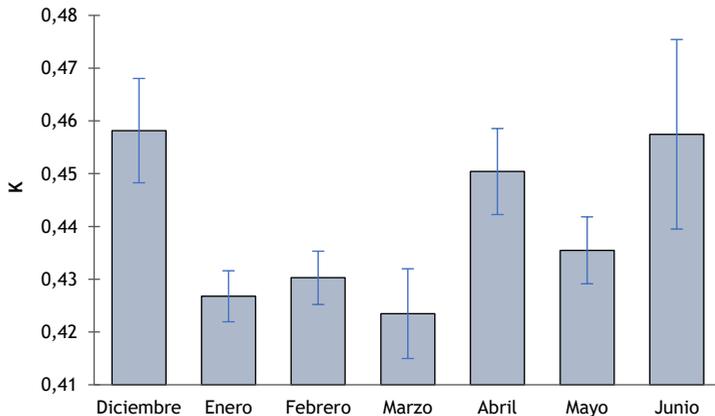


Figura 10. Variación mensual (media \pm ES) del factor de condición (K) para *L. negropinna*.

Talla de madurez sexual (L_{50})

Con la metodología aplicada fue posible obtener los cinco puntos porcentuales de madurez, que permitieron estimar la linealización del modelo logístico. Los porcentajes de maduros por encima de las tallas de 38 a 51 cm LT fueron muy variables, por lo que no se consideraron en el modelo (Fig. 11).

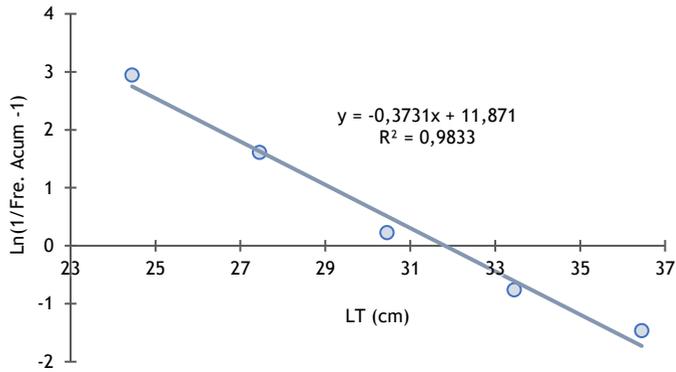


Figura 11. Curva logística (linealizada) de madurez sexual de *L. negropinna*.

Los parámetros estimados por el modelo logístico fueron $a = 11,87$ y $b = 0,37$. Con esto fue posible determinar la talla de madurez sexual de *L. negropinna* en 31,8 cm LT (IC 95% = 25,2 a 38,5 cm LT) para sexos combinados (Fig. 12).

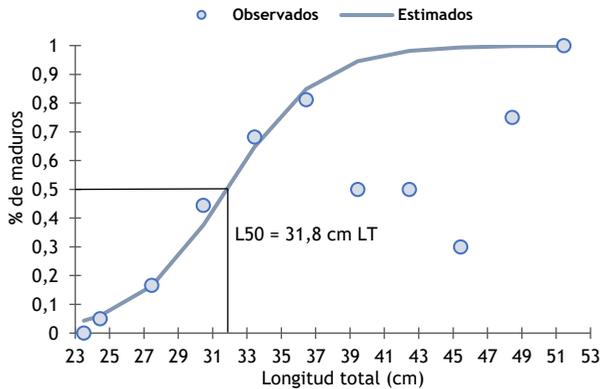


Figura 12. Talla media de primera madurez sexual (L50) de *L. negropinna* estimada mediante la curva sigmoidea ajustada a la ecuación logística.

Considerando el valor de L50 para esta especie, se estimó que los juveniles representaron el 10% de los desembarques (Fig. 7).

DISCUSIÓN

Hay pocos estudios que hagan referencia a *L. negropinna*. La escasa información identificada está asociada a su distribución, estructura de tallas y caracterización de las gónadas en especies análogas (González-Troncoso et al., 2009; García et al., 2014; Tascheri et al., 2003).

Al realizar comparaciones entre peces de la familia Ophidiidae, se puede observar que el ovario de *L. negropinna* es muy diferente al de *B. clarkae*, en cuanto a forma, tamaño y color. Se nota una clara similitud entre el ovario de *L. negropinna* y *Genypterus spp.* cuya área de distribución es el Océano Pacífico Sur. Los ovarios de estas especies son de forma ovalada con lóbulos indistintamente separados por una invaginación central. Por otra parte, los testículos de *L. negropinna* se parecen en cierto modo a los de *B. clarkae*. Ambos están formados por dos pequeños y largos lóbulos con la diferencia de que en esta última se encuentran separados, mientras que en el primer caso están juntos. A través del análisis microscópico preliminar de las gónadas, se reveló la presencia de machos en la especie, con mayor certeza en tamaños medianos y grandes. En el caso de tallas pequeñas habría que realizar análisis histológicos para determinar con mayor certeza la presencia de ambos sexos. Esto se debe a la dificultad de las etapas juveniles donde la diferencia en el desarrollo de la gónada es casi imperceptible.

El congrio *L. negropinna* presentó un intervalo de tallas en los desembarques entre 23,4 cm a 56,1 cm LT. Estas son afines a las reportadas por González-Troncoso et al. (2009) quienes señalan haber encontrado tamaños entre 16 cm y 57 cm LT procedentes de las capturas con red de arrastre industrial a bordo del buque oceanográfico Miguel Oliver. El ejemplar más grande encontrado en este estudio fue de 56,1 cm, superando los 50 cm y 54 cm registrados por Jiménez y Beárez (2004) y por Robertson & Allen (2015), respectivamente. Aunque la diferencia no es mucha, puede darse el caso de que se encuentren ejemplares más grandes a mayores profundidades.

Los resultados muestran un crecimiento alométrico positivo para *L. negropinna* ($b = 3,35$). Esto coincide con el trabajo de González-Troncoso et al. (2009) quienes encuentran un valor similar para b , así como en el caso de *B. clarkae* evaluado por Zamora-Mendoza (2020) ($b = 3,33$), que es el pariente más cercano de *L. negropinna*.

Los índices gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) se asocian al requerimiento energético que demanda el ovario para el desarrollo de los ovocitos (González & Oyarzún, 2002). En nuestro caso, estos se calcularon utilizando el peso eviscerado. Esta técnica permite un menor margen de error en la estimación, ya que no se considera el peso del estómago que podría verse directamente afectado por la ingesta o no de alimento antes de la captura de los ejemplares (Plúa,

2019). El IGS, o también llamado coeficiente de madurez, determina el momento de mayor capacidad reproductiva de cualquier pez.

Valores elevados del IGS se encontraron en los meses de marzo y abril, marcando la época con mayor intensidad reproductiva de *L. negropinna*. La sincronía opuesta en el comportamiento del IHS con respecto al IGS, revelaría que este pez probablemente esté utilizando las reservas del hígado para la formación de gónadas en épocas de abundancia de alimento. El IHS mantuvo niveles bajos de enero a abril, época durante la que se presume ocurrió la formación de ovocitos y espermatozoides en las gónadas y su eventual desove. A partir de mayo, el IGS alcanzó su valor mínimo y se observó una acumulación de reservas energéticas en el hígado, reflejadas en el aumento progresivo del IHS. Por su parte, Acevedo et al. (2007) y Zamora (2020) encuentran que en *B. clarkae*, el crecimiento del IGS no guarda relación con el del IHS. Estos autores mencionan que el animal no utiliza sus reservas energéticas almacenadas en el hígado para la reproducción. La energía para la formación de vitelo y el tejido gonadal se obtendría a partir del alimento disponible en el ambiente.

Los altos picos reproductivos observados en *L. negropinna* coinciden con los publicados por Tascheri et al. (2003). Estos autores registran valores reproductivos máximos para hembras de *Genypterus maculatus* (congrío negro del Pacífico sur) durante los meses de febrero y marzo, coincidiendo con lo aquí descrito. Por su parte, Acevedo et al. (2007) en un estudio realizado con *B. clarkae* en el Pacífico colombiano, determinan valores máximos reproductivos entre mayo y octubre, mientras que Zamora (2020) detecta una actividad reproductiva continua durante los desembarques de esta misma especie en el puerto de Jaramijó, con períodos de mayor intensidad reproductiva entre septiembre y diciembre.

El factor de condición (K) compara el estado de condición o bienestar de un pez o población, bajo el supuesto de que los organismos con mayor peso, en una determinada longitud, presentan una mejor condición (Cifuentes et al., 2012, Froese 2006). Las variaciones en este valor determinado para *L. negropinna* muestran claramente que el recurso se encuentra en mejores condiciones alrededor de los meses de diciembre, abril y junio, coincidiendo con la época de lluvias y el inicio de la época seca. El hecho de que en el mes de abril los ejemplares tuvieran mayor K, coincide con el pico de reproducción y es indicativo de que el peso de las gónadas maduras determina el alto valor de K. Por el contrario, durante diciembre y junio el proceso reproductivo es menor, por tanto, un mayor valor estaría asociado a la acumulación de reservas energéticas en el hígado y los músculos de los ejemplares de la población.

El congrio *L. negropinna* registra una talla de madurez sexual (L50) de 31,8 cm LT, siendo el primer reporte de este parámetro para la especie. Esta estimación se considera preliminar, pues no se incorporaron los ejemplares con tallas mayores a 38 cm debido a que presentaron pesos de

gónadas muy variables. Es posible que un análisis histológico hubiera indicado que eran organismos maduros. Sin embargo, tomando en cuenta que los organismos considerados en la linealización del modelo logístico alcanzaron un 90% de madurez, el aporte de los ejemplares con tallas no incluidas en el análisis debería ser bajo.

Cabe indicar que el L_{50} es menor que el tamaño promedio de captura anotado en este trabajo (38 cm LT). Este hecho y el bajo porcentaje de juveniles observado en los desembarques (~10%), es indicativo de que la pesquería opera en buenas condiciones para la conservación de la especie. La presencia de individuos grandes (>47 cm LT) en una proporción considerable (~20%), sugiere que el esfuerzo de pesca que opera sobre *L. negropinna* es aún bajo, lo que significa que la población está subexplotada y que es posible incrementar el esfuerzo de pesca.

El porcentaje de madurez se calculó con base en la talla máxima encontrada. La población de *L. negropinna* madura al 56,7% de su talla máxima registrada ($L_{50} = 31,8$ cm; Longitud máxima = 56,1 cm). Este porcentaje es semejante al estimado por Zamora (2020) para *B. clarkae* de 53,1% ($L_{50} = 60,0$ cm; Longitud máxima = 113,0 cm). Estas aproximaciones de porcentajes superiores al 50% estarían asociadas al rápido crecimiento que presenta la especie. Tascheri et al. (2003) reportaron estados de madurez superiores al 75% para los congrios *Genypterus chilensis* ($L_{50} = 91,9$ cm; Longitud máxima = 118,0 cm) y *Genypterus maculatus* ($L_{50} = 86,4$ cm; Longitud máxima = 111,0 cm), que sugieren un crecimiento más lento y alcance la madurez sexual a tallas mayores.

CONCLUSIONES

El congrio *L. negropinna* es una especie gonocórica sin dimorfismo sexual. Las gónadas masculinas son poco distinguibles morfológica y visualmente de los ejemplares inmaduros o en proceso inicial de reproducción. Sin embargo, se pueden evidenciar ciertos patrones similares, como la morfología y la coloración, en relación con algunos miembros de la familia Ophidiidae (p. ej., *B. clarkae*).

La especie posee un tipo de crecimiento alométrico positivo con un coeficiente de 3,35. La talla de madurez sexual referencial fue de 31,8 cm LT para sexos combinados.

Se observó un porcentaje bajo de juveniles provenientes de los desembarques de la flota artesanal, por lo que se deduce que esta pesquería se desarrolla bajo condiciones adecuadas para la conservación del recurso. El 20% de la población desembarcada se encontró con tallas grandes, cercanas a la máxima observada (56,1 cm LT) lo que indicaría que la población está subexplotada y permitiría una elevación del esfuerzo de pesca artesanal.

Durante la época lluviosa, entre los meses de marzo y abril, se encontró que *L. negropinna* tuvo una actividad reproductiva más intensa. Durante dicho proceso, se observó una sincronía inversa entre el IHS e IGS, lo cual sugiere que los ejemplares utilizarían las reservas energéticas contenidas en el hígado para la formación de gónadas.

RECOMENDACIONES

Es importante avanzar en el conocimiento de *L. negropinna* poniendo en marcha los siguientes trabajos de investigación: (1) identificar si existe un segundo período reproductivo en el segundo semestre del año, (2) realizar análisis histológicos para definir estadios de madurez en las gónadas por sexo, y (3) estimar la L_{50} por sexo, así como los índices reproductivos.

Por último, pero no menos importante, replicar el estudio con muestras obtenidas por la flota industrial que opera con redes de arrastre para comparar el estado de la población de *L. negropinna* con la flota pesquera artesanal.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a pescadores y comerciantes de la localidad, en especial a los Sres. C. Chávez Mero, P. Bailón Franco, R. Anchundia Mero, A. Anchundia Mero y F. Anchundia Mero, quienes nos suministraron de forma grata las muestras. Al Dr. Yanis Cruz Santana, por colaborarnos con la identificación de las gónadas. A los Drs. Freddy Arocha, Jeremy Mendoza y Daniel Pauly por las sugerencias para estimar el L_{50} de la especie.

REFERENCIAS

- Acevedo, J., Angulo, W., Ramírez, M., & Zapata, L. A. (2007). Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4), 957-967.
- Brown-Peterson, D., Saborido-Rey, W., Macewicz, B. y 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.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana* 7(1), 101-110.
- Conover W.J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*, 3rd Ed. Wiley.

- Da Costa, M.R. and Gerson, F.A. (2003). Length-weight relationship and condition factor of *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología*, 20(4), 685-690.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Fischer, W.; Krupp, F.; Scheneider, W.; Carpenter, K.E. y Niem, V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma FAO. Volumen III: 1201-1813 p.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.14390426.2006.00805.x>
- Fulton, T.W. 1904. The rate of growth of fishes. 22nd Annual Report of the Fishery Board of Scotland 1904 (3), 141-241.
- Gaertner, D. y Laloe, F. (1986). Etude biometrique de la taille a'premier maturité sexuelle de *Geryon maritae*, Maning et Holthuis, 1981 de Senegal. *Oceanol. Acta*, 9(4), 479-487.
- García, M., Gilces I., Lavayen F., Daza C., Bermúdez C., Ávila E. y Cevallos A. (2014). Informe final de la pesquería de merluza (*Merluccius gayi*) en el ecuador continental 2013. Periodo 20 de abril - 30 de diciembre del 2013. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Viceministerio de Acuicultura y pesca. Manta-Ecuador.
- González, Paola, & Oyarzún, Ciro. (2002). Biological index variability in *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): are they correlated?. *Gayana (Concepción)*, 66(2), 249-253. <https://dx.doi.org/10.4067/S071765382002000200023>
- González-Troncoso et al., (2009). Informe de la campaña de investigación pesquera Ecuador 2009. B/O Miguel Oliver. Campañas Oceanográficas de Cooperación. España-Ecuador 2008-2010.
- Gulland, JA (1998). Fish stock assessment. Chichester: FAO/John Wiley and Sons; 1983. IDEAM. Base de datos. Barranquilla.
- Holden, M y Raitt, D. (1975). Métodos para investigar los recursos pesqueros y su aplicación. Manual de Ciencia Pesquera Parte 2. Documento Técnico. F.A.O., Pesca (115) Roma. 211p.
- Jiménez Prado, P., y Beárez, P. (2004). Peces marinos del Ecuador Continental II. /Marine fishes of continental Ecuador. SIMBIOE/NAZCA/IFEA tomo II. Quito.
- Lea, B., Béarez, P. & McCosker, J. (2010). *Lepophidium negropinna*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183377A8102488. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20103.RLTS.T183377A8102488>.
- Medina, M., Espinoza G., Y. & Reyes A, W. (2019). Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón *Cryphiops caementarius* del río Pativilca (Perú). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1018-1029. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16613>

- Munro, J. L. & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1(1), 5-6.
- Nash, M.R., Valencia, A. & Geffen. 2006. The Origin of Fulton's Condition Factor— Setting the Record Straight. *Fisheries*, 31(5), 236-238.
- Nielsen, J. G., Cohen, D. M., Markle, D. F., & Robins, C. R. (1999). FAO species catalog, 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 (FAO), 18, 178.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management ICLARM, Studies and Reviews 8. Manila, Philippines. 1984; 325.
- Perea, A. & Castillo J. (2016). Escala de madurez gonadal de recursos demersales y costeros. Instituto del Mar de Perú. Laboratorio de Biología Reproductiva.
- Plúa Santana, Y.V. (2019). Evaluación de la dinámica reproductiva de la hojita, *Chloroscombrus orqueta* Jordan y Gilbert, 1883 (Pisces: Carangidae) desembarcada en Manabí, Ecuador: periodo abril-noviembre 2019. Tesis de pregrado no publicada. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- Renzo Tascheri O., Jorge Sateler G., José Merino D., Eduardo Días R., Vilma Ojeda C. y Montecinos C. (2003). Estudio biológico-pesquero del congrio colorado, congrio negro y congrio dorado en la zona centro-sur. Instituto del Fomento Pesquero, IFOP. Informe final. FIP N.- 2001-15.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191, 1-382.
- Robertson D.R., & Allen, G.R. (2015). Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Robins, C. R., Robins, R. H., & Brown, M. E. (2012). A revision of *Lepophidium* (Teleostei, Ophidiidae), with descriptions of eight new species. University of Florida.
- Somerton, D. (1980). A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 37, 1488-1494.
- Tapia, C. E. F., & Cevallos, K. L. F. (2021). Pruebas para comprobar la Normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilks y Kolmogórov-Smirnov. *Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas Universidad de Panamá*, Panamá ISSN: 1560-0408. URL: <https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/index.html>
- Vélez-Arellano, N., Sánchez-Cárdenas, R., Salcido-Guevara, L. A., Ramirez-Perez, J. S., & Soberano-Palomares, I. M. (2022). Gonadal development, sex ratio, and length at sexual maturity of white mullet *Mugil curema* (Actinopterygii: Mugilidae) inhabiting southeastern Gulf of

California. Latin American Journal of Aquatic Research, 50(3), 417-429. <https://doi.org/10.3856/vol50-issue3-fulltext-2817>

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. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

Zar, J.H. (2019). Biostatistical analysis 5th Ed. Prentice Hall. 450 p.

Zavala-Leal, I., Palacios-Salgado, D., Ruiz-Velazco, M., Nieto-Navarro, J. T., Cadena-Roa, M. A., Domínguez-Ojeda, D., Valdez-González, F. (2019). Periodo reproductivo del bagre chihuil *Bagre panamensis* (Siluriformes: Ariidae) en el sureste del Golfo de California. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 54(1), 21-27. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.1.1459>





CULTIVO DE PECES

CULTIVO DE PECES

Efecto de la frecuencia de alimentación en los índices productivos de juveniles de robalo blanco *Centropomus viridis* | Effect of feeding frequency in juvenile White snook *Centropomus viridis* performance

María Isabel Abdo-de la Parra, Luz Estela Rodríguez-Ibarra, Leonardo Ibarra-Castro, Juan Manuel Martínez-Brown, Gabriela Velasco-Blanco

Evaluation of physiological parameters of Koi carps *Cyprinus carpio* anesthetized with benzocaine and eugenol following painful stimulus | Evaluación de los parámetros fisiológicos de Carpas koi (*Cyprinus carpio*) anestesiados con benzocaína y eugenol después de un estímulo doloroso

André Luiz Veiga Conrado, Renata Stecca Iunes, Matheus Santos Costa, Isabella Cristina Bordon, José Roberto Machado Cunha da Silva

Influência do sistema de cultivo nos índices Hematológicos de Jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824) / Influence of the rearing system on hematological parameters of de Jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824)

Renata Stecca Iunes, André Luiz Veiga Conrado, Mateus Costa, Isabella Cristina Bordon, José Roberto Machado Cunha da Silva

Efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de insecto en el desempeño biológico de juveniles de *Totoaba macdonaldi* | Effect of fish meal replacement by insect meals on biological performance of juvenile *Totoaba macdonaldi*

Karen Carvajal-Soriano, Juan Pablo Lazo-Corvera

¿Son los insectos una buena fuente de proteínas? Efecto sobre el crecimiento y metabolismo energético de *Dicentrarchus labrax* | Are insects a good source of protein? Effect on growth and metabolism energetic of *Dicentrarchus labrax*

Miguel Torres, J. Antonio Martos-Sitcha, Anyell Caderno, Rosa Alcaraz, M^a Dolores Hernández

Análisis y descripción osteológica de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 de una cepa ornamental en condiciones controladas en la unidad acuícola de la Universidad de la Guajira Colombia | Osteological analysis and description of *Poecilia reticulata* Peters, 1859 from an ornamental strain under controlled conditions in the aquaculture unit of the Universidad de la Guajira Colombia

Yuli Paola Espinosa-Prens, Claudia Andrea Gómez Ramírez, Jaineth Patricia Camargo Mendoza, Jairo Romero Paz

Efectividad del peróxido de hidrógeno para el control de ectoparásitos en peces marinos | Effectiveness of hydrogen peroxide for the control of ectoparasites in marine fish

Juan Carlos Pérez-Urbiola, Roxana B. Inohuye-Rivera, Minerva C. Maldonado- García

Efecto de la frecuencia de alimentación en los índices productivos de juveniles de robalo blanco *Centropomus viridis*

Effect of feeding frequency in juvenile White snook *Centropomus viridis* performance

María Isabel Abdo-de la Parra*, Luz Estela Rodríguez-Ibarra, Leonardo Ibarra-Castro, Juan Manuel Martínez-Brown, Gabriela Velasco-Blanco

1Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Mazatlán, Sinaloa, México

María Isabel Abdo-de la Parra   abdo@ciad.mx

RESUMEN

El robalo blanco del pacífico *Centropomus viridis* se considera como una especie con alto potencial para su cultivo en México por su alto valor económico y gran demanda en el mercado nacional. El crecimiento de los peces en cultivo depende, en gran medida, del régimen alimenticio; el cual incluye, frecuencia, tasa, tiempo y ritmo de alimentación. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la frecuencia de alimentación en el rendimiento de juveniles de *C. viridis* para coadyuvar al desarrollo de la biotecnología de cultivo de la especie. Se utilizaron juveniles de 0.36 ± 0.01 g para evaluar 1, 2, 3 y 5 frecuencias de alimentación a saciedad por día, durante seis semanas. Se determinó el peso tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento específica (TEC), tasa de conversión alimenticia (TCA) tasa de eficiencia alimenticia (TEA), índice hepatosomático (IH), índice de grasa peritoneal (IGP) y supervivencia (S) de los juveniles. La TC y TEC de los juveniles alimentados tres veces al día, no presentaron diferencias significativas los resultados obtenidos en los organismos alimentados cinco veces al día. La TCA fue significativamente mayor en los juveniles alimentados una sola vez al día y su TEA fue significativamente menor en relación con el resto de los tratamientos. No se encontraron diferencias significativas en el IH y S entre los tratamientos. EL IGP solo presentó diferencias significativas entre los juveniles alimentados una y cinco veces al día. En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se sugiere para la preengorda de juveniles de robalo blanco *C. viridis* que se alimenten tres veces por día. Estos resultados ayudarán en el desarrollo de la biotecnología de cultivo de esta especie.

Palabras clave

régimen alimenticio, crecimiento, juveniles robalo blanco, *Centropomus viridis*

ABSTRACT. The Pacific white snook *Centropomus viridis* is considered a species with high potential for cultivation in Mexico due to its high economic value and overall demand in the national market. The culture of fish grown in culture is determined largely on diet, which includes frequency, rate, time and feeding cycle. The aim of this present study was to evaluate the feeding frequency in the performance of *C. viridis* juveniles in order to contribute to the development of biotechnology for the cultivation of the species. Juveniles of 0.36 ± 0.01 g were used to evaluate from one to five feeding frequencies to satiety per day, for six weeks. Growth rate (TC), specific growth rate (TEC), food conversion rate (TCA), food efficiency rate (TEA), hepatosomatic index (IH), peritoneal fat index (IGP) and survival (S) of juveniles were determined. No significant differences were found between the TC and TEC of juveniles fed three times a day, obtained for organisms fed five times a day. TCA was significantly higher in juveniles fed only once a day and their TEA was significantly lower than the rest of the treatments. No significant differences were found in IH and S between treatments. For IGP, significant differences were only observed for juveniles fed once and five times a day. Based on the results obtained in this work, we suggest feeding the white snook *C. viridis* juveniles three times a day. These results will contribute to the development of culture biotechnology of this species.

Keywords

feeding regimen,
growth,
juvenile White snook,
Centropomus viridis

INTRODUCCIÓN

El robalo blanco del pacífico *Centropomus viridis* se considera como una especie con alto potencial para su cultivo en México por su alto valor económico y gran demanda en el mercado nacional. Actualmente en México, las poblaciones naturales de las especies de robalo se encuentran sobre explotadas (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011), por lo que en la planta piloto de producción de peces marinos del CIAD, Unidad Mazatlán se ha iniciado el desarrollo de la biotecnología para la producción de juveniles de calidad de *C. viridis* para detonar el cultivo de esta especie tan importante en México y para desarrollar programas de repoblación (Ibarra-Castro *et al.*, 2017).

El crecimiento de los peces en cultivo depende, en gran medida, del régimen alimenticio; el cual incluye, frecuencia, tasa, tiempo y ritmo de alimentación. En la industria del cultivo de peces marinos, el costo operacional más alto es la alimentación; por lo que, el diseño apropiado de la estrategia alimenticia es fundamental para el éxito de la maricultura (D'Abramo, 2019; Baloi *et al.*, 2016). La frecuencia alimenticia influye en el consumo de alimento, tasa de conversión y eficiencia alimenticia, composición química del cuerpo, supervivencia de los organismos y en la calidad del

agua de cultivo (Biswas *et al.*, 2010; Costa-Bomfim *et al.*, 2014; Rahaman y Lee, 2017). Se ha demostrado que los juveniles de peces marinos necesitan, diariamente, altas frecuencias de alimentación para obtener un buen rendimiento en el cultivo (da Cunha *et al.*, 2013; Luo *et al.*, 2015); sin embargo, la sobrealimentación reduce la tasa de eficiencia alimenticia, incrementa la acumulación de lípidos, principalmente en hígado y vísceras, incrementa los costos y deteriora la calidad del agua de cultivo (Lee y Pham, 2010; Mizamur y Bai, 2014; Lee *et al.*, 2016; Guo *et al.*, 2018). Por otro lado, una baja frecuencia de alimentación no proporciona el alimento suficiente para el crecimiento normal y la supervivencia de los peces, aumentando la dispersión de tallas y el canibalismo y puede provocar daño oxidativo e inmunosupresión (Oh y Maran, 2015; Tian *et al.*, 2015). Por lo tanto, es necesario determinar la frecuencia de alimentación de cada especie. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la frecuencia de alimentación en el rendimiento de juveniles de *C. viridis* para coadyuvar al desarrollo de la biotecnología de cultivo de la especie

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de los organismos

Los juveniles de robalo blanco *C. viridis* con un peso promedio de 0.36 ± 0.01 g (Figura 1) se obtuvieron de la Planta Piloto para la producción de juveniles de peces marinos del CIAD, A.C. unidad Mazatlán (Figura 2), mediante los protocolos establecidos en la misma (Ibarra-Castro *et al.*, 2017).



Figura 1. Juvenil de robalo blanco *C. viridis*



Figura 2. Planta piloto para la producción de peces marinos, CIAD, Mazatlán

Diseño y condiciones experimentales

El experimento se realizó en el área de bioensayos del CIAD en 15 tanques circulares de fibra de vidrio con paredes negras y fondo blanco, con capacidad de 600 L, cada uno con aireación y flujo de agua continuo, a través de distribuidores individuales para regular el flujo (Figura 3).

Se evaluaron 1, 2, 3 y 5 frecuencias de alimentación (FA) con tres replicas cada una. En cada tanque se colocaron 20 juveniles de *C. viridis* y se alimentaron a saciedad aparente durante seis semanas, con un alimento comercial para juveniles de peces marinos (Skretting® de 0.8 a 1.5 mm). Se registró el consumo diario de alimento de los juveniles de cada tanque, así como; la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el agua. Durante las seis semanas del bioensayo, la temperatura del agua se mantuvo a 29 ± 0.05 °C, la salinidad a 34 ± 1.0 ‰ y el oxígeno disuelto en el agua fue de 5.5 ± 0.3 mg L⁻¹, por tanque.



Figura 3. Sistema experimental

Variables evaluadas

Al final del periodo de experimentación, todos los peces de cada replica, se anestesiaron con esencia de clavo para pesarlos individualmente en una balanza digital con precisión de ± 0.05 g. Se calculó la tasa de crecimiento (TC), tasa específica de crecimiento (TEC), tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de eficiencia alimenticia (TEA), tasa de supervivencia (S), el índice hepatosomático (IH) e índice de grasa intraperitoneal (IGP), mediante las siguientes fórmulas:

$$TC (\%) = \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial (PG)}}{\text{P inicial}} \times 100$$

$$TEC (\% \text{ día}^{-1}) = 100 \times \frac{(\ln \text{ de peso en ese tiempo} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{tiempo}}$$

$$TCA = \frac{\text{Alimento consumido (AC)}}{\text{PG}}$$

$$TEA (\%) = \frac{\text{PG}}{\text{AC}} \times 100$$

$$S (\%) = \left(\frac{\text{No final de peces}}{\text{No inicial de peces}} \right) \times 100.$$

$$IH = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{PF}} \times 100$$

$$IGP = \frac{\text{peso húmedo de grasa}}{\text{PF}} \times 100$$

Análisis estadístico

Los datos en porcentaje fueron transformados en arco-seno para homogenizar las varianzas. Se verificó la normalidad (prueba de Bartlett) y homocedasticidad (prueba de Levene) de todos los resultados. Los datos normales se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANDEVA, $P < 0.05$) y las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron por pruebas de

comparación múltiple de rangos de Tukey ($\alpha = 0.05$); los datos que no presentaron distribución normal se analizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) (Zar 1996), con el programa Statgraphics Centurion XVI versión 16.204.

RESULTADOS

La TC y TEC de los juveniles alimentados tres veces al día, no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los resultados obtenidos en los organismos alimentados cinco veces al día. Los peces que se alimentaron una sola vez o dos veces al día, presentaron un crecimiento significativamente más bajo ($P < 0.05$) a los alimentados tres o cinco veces al día (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimiento en Crecimiento de los juveniles de *Centropomus viridis* durante el experimento

FA	PI (g)	PF (g)	TC (%)	TEC(% día ⁻¹)
1	0.35±0.02	2.79±0.2 ^a	685.98±13.6 ^a	4.59±0.1 ^a
2	0.36±0.02	4.98±0.4 ^{bc}	1247.93±185.6 ^{bc}	5.78±0.3 ^{bc}
3	0.36±0.01	5.97±0.7 ^c	1519.45±115.9 ^{cd}	6.23±0.1 ^{cd}
5	0.38±0.01	7.32±0.4 ^d	1831.29±75.4 ^d	6.57±0.1 ^d

FA: frecuencia de alimentación; PI: peso inicial; PF: peso final; TC: tasa de crecimiento; TEC: tasa específica de crecimiento. Lo valores (media ± DE, n = 3) con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

La TCA fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en los juveniles de alimentados una sola vez al día y su TEA fue significativamente menor ($P < 0.05$) con relación al resto de los tratamientos. No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en IH y S entre los tratamientos. EL IGP solo presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los juveniles alimentados una y cinco veces al día (Tabla 2).

Tabla 2. Eficiencia alimenticia, índices morfológicos y supervivencia de juveniles de robalo blanco *Centropomus viridis* durante el experimento.

FA	CA/pez (g)	TCA	TEA (%)	IH (%)	IGP (%)	S (%)
1	3.74± 0.3 ^{ab}	1.55±0.2 ^b	65.9±12.3 ^a	1.01±0.7	2.28±0.8 ^a	100
2	4.7±0.4 ^{bc}	1.02±0.1 ^a	94.98±8.6 ^b	1.53±0.4	3.45±0.7 ^{ab}	96.66±2.8
3	5.82±0.2 ^d	1.04±0.16 ^a	96.70±16.0 ^b	1.50±0.7	2.99±1.9 ^{ab}	100
5	6.96±0.1 ^e	1.0±0.04 ^a	98.03±1.8 ^b	1.38±0.4	4.18±0.9 ^b	100

FA: Frecuencia alimenticia; CA: consumo de alimento; TCA: tasa de conversión alimenticia; TEA: tasa de eficiencia alimenticia; IH: índice hepatosomático; IGP: índice de grasa peritoneal; S: supervivencia. Lo valores (media ± DE, n = 3) con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

DISCUSIÓN

La frecuencia de alimentación es un factor que afecta a los peces en cultivo, ya que puede influir en el crecimiento, supervivencia, eficiencia alimenticia, consumo de alimento, canibalismo, variación de tallas, entre otros (Baloi *et al.*, 2016; Guo *et al.*, 2018; Oh *et al.*, 2019). En *Megalobrama amblycephala* y *Centropomus undecimalis* se reportó que la frecuencia óptima de alimentación es entre 3 y 4 veces al día, respectivamente (Tian *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2019). Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio; donde se determinó que el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los juveniles de robalo blanco alimentado tres veces al día fue significativamente mayor a los alimentados una o dos veces al día. Se ha reportado que, si se reduce la frecuencia de alimentación a una o dos veces al día, el crecimiento será menor, así mismo, disminuye la TEA y aumenta la TCA (Salama 2008; Lee y Pham 2010; Hamed *et al.*, 2016) tal y como se observó en este estudio. Biswas *et al.* (2010) sugieren que, al alimentar menos veces al día a los peces, estos no pueden obtener los requerimientos energéticos y nutrientes necesarios para su mantenimiento y desarrollo somático, por lo cual el crecimiento no es el adecuado. Por otro lado, al exceder la frecuencia óptima de alimentación, los peces no pueden utilizar eficientemente el alimento adicional, debido a que, cuando el intervalo de tiempo entre cada alimentación es corto, el alimento pasa rápidamente a través del tracto digestivo, y el tiempo no es suficiente para digerir adecuadamente el alimento y absorber los nutrientes (Costa-Bomfim *et al.*, 2014; Mizanur y Bai 2014; Baloi *et al.*, 2016). En el presente estudio el IH no fue afectado significativamente por la frecuencia alimenticia; sin embargo, el IGP de los peces alimentados cinco veces al día fue mayor en relación al presentado por los juveniles alimentados solo una vez al día. Se ha sugerido que el IH e IGP pueden utilizarse para determinar el estado nutricional de los peces, ya que aportan información indirecta sobre la condición física, reservas energéticas y habilidad de los peces para tolerar el estrés (Mihelakakis *et al.*, 2002). Un menor IH e IGP sugieren que durante la restricción de alimento, los peces utilizan la grasa acumulada para encontrar sus demandas energéticas necesarias para el crecimiento (Baloi *et al.*, 2016), lo cual podría explicar porque los peces alimentados solo una vez al día en el presente estudio obtuvieron un IGP menor a los peces alimentados cinco veces al día, ya que al no contar con suficiente alimento, posiblemente no pudieron acumular una mayor cantidad de grasa peritoneal como los peces alimentados cinco veces al día. Otros estudios con peces marinos también han reportado que el IH y el IGP son mayores a mayor frecuencia de alimentación (Baloi *et al.*, 2016; Guo *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir que, bajo las mismas condiciones experimentales, la frecuencia óptima de alimentación para el crecimiento y eficiencia

alimenticia de juveniles de robalo blanco *C. viridis* es de tres veces por día. Estos resultados coadyuvarán a el desarrollo de la biotecnología de cultivo de esta especie.

Agradecimientos

Agradecemos a Valerie Williams por su apoyo en la redacción del resumen en inglés y corrección del manuscrito. A Juan Huerta por su asistencia técnica. Al personal de la planta piloto para la producción de peces marinos del CIAD, Mazatlán, por proporcionar los peces.

REFERENCIAS

- Arreguín-Sánchez F., Arcos-Huitrón E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21(3): 431-462
- Baloi M., Carvalho C., Sterzelecki FC., Passini G., Cerqueira VR. 2016. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juveniles Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindacher 1879). *Aquacult. Res.* 47: 554–560. <https://doi.org/10.1111/are.12514>
- Biswas G., Thirunavukkarasu AR., Sundaray JK., Kailasam M. 2010. Optimization of feeding frequency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment. *Aquacult.* 305: 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.04.002>
- Costa-Bomfim CN, Pessoa WVN, Oliveira RLM, Farias JL, Domingues EC, Hamilton S, Cavalli RO. 2014. The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) *J. Appl. Ichthyol.* 30: 135–139. <https://doi.org/10.1111/jai.12339>
- D'Abramo L. 2019. Nutrition and Feeds. In: Lucas JS., Southgate PC., Tucker CS (eds.), *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. John Wiley & Sons Ltd .Hoboken, NJ. pp: 157-182.
- da Cunha VL, Pereira Shei MR, Okamoto MH; Vieira Rodrigues R, Sampaio L. 2013. Feeding rate and frequency on juvenile pompano growth. *Pesq. agropec. Bras.* 48(8): 950-954. <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800020>
- Guo Z., Cuia J., Lib M., Liub H., Zhangb M., Mengb F., Shib G., Wangb R., Hea X., Zhaoa Y. 2018. Effect of feeding frequency on growth performance, antioxidant status, immune response and resistance to hypoxia stress challenge on juvenile dolly varden char *Salvelinus malma*. *Aquacult.* 486: 197-201. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.031>
- Hamed SS, Jiddawi NS, Bwathondi POJ, Mmochi AJ. 2016. Effect of feeding frequency and feeding rate on growth performance of juvenile silver pompano, *Trachinotus blochii*. *WIO J. Mar. Sci.* 15 (1): 39-47.
- Ibarra-Castro L., Navarro-Flores J., Sánchez-Téllez JL., Martínez-Brown JM., Ochoa-Bojórquez LA., Rojo-Ceberos A. 2017. Hatchery Production of Pacific White Snook at CIAD-Unity Mazatlan, Mexico. *World Aquaculture* 48 (3): 25 -29.

- Lee SM., Pham MA. 2010. Effects of feeding frequency and feed type on the growth, feed utilization and body composition of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult. Res.* 41: e166-e171. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02491.x>
- Lee S, Haller L., Fangué NA., Fadel JG., Hung SSO. 2016. Effects of feeding rate on growth performance and nutrient partitioning of young-of-the-year white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquacult. Nut.* 22(2): 400-409. <https://doi.org/10.1111/anu.12255>
- Luo L., Li T., Xing W., Xue M., Ma Z., Jiang Na., Li W. 2015. Effects of feeding rates and feeding frequency on the growth performances of juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser schrenckii* Brandt♀ × *A. baeri* Brandt♂. *Aquacult.* 448: 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.005>
- Mihelakakis A., Tsolkas C., Yoshimatsu T. 2002. Optimization of Feeding Rate for Hatchery-Produced Juvenile Gilthead Sea Bream *Sparus aurata*. *JWAS* 33 (2): 169-175.
- Mizanur RM, Bai SC. 2014. The Optimum Feeding Frequency in Growing Korean Rockfish (*Sebastes schlegeli*) Rearing at the Temperature of 15°C and 19°C. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 27(9): 1319-1327. <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14193>
- Oh SY., Maran VBA., 2015. Feeding frequency influences growth, feed consumption and body composition of juvenile rock bream (*Oplegnathus fasciatus*). *Aquacult. Int.* 23:175–184. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9806-2>
- Oliveira RLM., Santos LBG., Silva NG., Silva SP., Silva FS., Melatti E., Cavalli RO. 2019. Feeding rate and feeding frequency affect growth performance of common snook (*Centropomus undecimalis*) juveniles reared in the laboratory. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 48:e20170292 <https://doi.org/10.1590/rbz4820170292>
- Rahman MM., Lee SM. 2017. Effect of Dietary Lipid Level and Feeding Frequency on the Growth, Feed Utilization, and Body Composition of Juvenile Spotted Seabass, *Lateolabrax maculatus*. *JWAS.*48 (4): 634-642. <https://doi.org/10.1111/jwas.12382>
- Tian HY, Zhang DD, Li XF, Zhang CN, Quian Y, Liu WB. 2015. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Aquacult.* 437: 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.032>

Evaluation of physiological parameters of Koi carps *Cyprinus carpio* anesthetized with benzocaine and eugenol following painful stimulus

Evaluación de los parámetros fisiológicos de Carpas koi *Cyprinus carpio* anestesiados con benzocaína y eugenol después de un estímulo doloroso

André Luiz Veiga Conrado*, Renata Stecca Iunes,
Matheus Santos Costa, Isabella Cristina Bordon,
José Roberto Machado Cunha da Silva

Laboratório de Histofisiologia Evolutiva,
Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo,
São Paulo, Brasil.

André Luiz Veiga Conrado   andreveigaconrado@gmail.com

ABSTRACT | Koi carps were anesthetized in benzocaine-based solutions at 70, 100 and 130 mg L⁻¹ (B70, B100 and B130) or eugenol-based solutions at 20, 40 and 60 mg L⁻¹ (E20, E40 and E60) with control group without anesthesia. After reaching deep anesthetic plane, the caudal fin pinching was performed for 1 minute. Heart rate before and after caudal fin pinching was recorded, with blood samples collected for hematological analysis and access blood glucose and plasma cortisol levels after caudal fin pinching. All anesthetized Koi carps received lidocaine hydrochloride IM (0.15 mL, 5 mg mL⁻¹). Fish behavioral responses were evaluated during an interval of 72h post-anesthesia. Control carps were only handled following blood collection without anesthesia. E40 and E60 Koi carps had motor response during caudal fin pinching, and Koi carps anesthetized with benzocaine had no heart rate alteration. B130 carps showed higher glucose levels and B70 carps had a nonspecific hematological profile with higher neutrophil count. Eugenol led to higher blood glucose levels in E20 and E60 carps with E20 carps showing hemoconcentration. All carps treated with lidocaine hydrochloride showed appetite after 24h post-anesthesia. Plasma cortisol levels were higher in B100 and E60 carps, and lower in B130 and E40 carps. Benzocaine showed better results when used in the

Palabras clave |

carpa koi,
anestesia,
fisiología,
estímulo doloroso.

higher concentration in immersion anesthesia following painful stimulus, eugenol should be used in ordinary aquaculture procedures, such as fish weighing.

RESUMEN | Se anestesiaron carpas koi en soluciones a base de benzocaína a 70, 100 y 130 mg L⁻¹ (B70, B100 y B130) o soluciones a base de eugenol a 20, 40 y 60 mg L⁻¹ (E20, E40 y E60) con grupo control sin anestesia. Después de alcanzar el plano anestésico profundo, se realizó el pinzamiento de la aleta caudal durante 1 minuto. Se registró la frecuencia cardíaca antes y después del pinzamiento de la aleta caudal, y se recolectaron muestras de sangre para el análisis hematológico y acceder a los niveles de glucosa en sangre y de cortisol plasmático después del pinzamiento de la aleta caudal. Todas las carpas Koi anestesiadas recibieron clorhidrato de lidocaína IM (0,15 mL, 5 mg mL⁻¹). Las respuestas de comportamiento de los peces se evaluaron durante un intervalo de 72 horas después de la anestesia. Las carpas de grupo control solo se manipularon después de la extracción de sangre sin anestesia. Las carpas Koi E40 y E60 tuvieron una respuesta motora durante el pinzamiento de la aleta caudal, y las carpas Koi anestesiadas con benzocaína no tuvieron alteración de la frecuencia cardíaca. Las carpas B130 mostraron niveles de glucosa más altos y las carpas B70 tenían un perfil hematológico inespecífico con un recuento de neutrófilos más alto. El eugenol condujo a niveles más altos de glucosa en sangre en las carpas E20 y E60 y las carpas E20 mostraron hemoconcentración. Todas las carpas tratadas con clorhidrato de lidocaína mostraron apetito después de 24 horas de la anestesia. Los niveles de cortisol plasmático fueron más altos en las carpas B100 y E60 y más bajos en las carpas B130 y E40. La benzocaína mostró mejores resultados cuando se usó en la concentración más alta en la anestesia de inmersión después de un estímulo doloroso, el eugenol debe usarse en los procedimientos acuícolas ordinarios, como el pesaje de peces.

Keywords |
Koi carp,
anesthesia,
physiology,
painful stimulus.

INTRODUCTION

Pain perception occurs when noxious stimuli are transmitted to the spinal cord and then to central areas of the brain (Lamont *et al.*, 2000). To this end, fish have an organization of spinal pathways similar to that seen in mammals, including the spinothalamic, spinomesencephalic, spinoreticular and spinolimbic tracts (Chandoo *et al.*, 2004) and the trigeminal tract. The fish brain obeys a basic structure as of all vertebrates, with the presence of telencephalon, midbrain, diencephalon and brainstem (Striedter, 2005), including most of the regions involved in pain processing. Although they lack a neocortex, the telencephalon of teleosts have developed into a highly differentiated structure with a highly developed capacity for processing sensory

information, being intensely interconnected with other brain regions such as the midbrain and diencephalon (Rink and Wullmann, 2004), showing activity after noxious stimulation (Dunlop and Laming, 2005), and containing structures that have homology with the mammalian amygdala (dorsomedial telencephalon) and hippocampus (dorsolateral telencephalon) (Portavella *et al.*, 2002; Portavella *et al.*, 2004). Although there are no experimental data demonstrating that nociceptive information travels through these tracts, electrophysiological data have shown that fish have large amounts of A delta fibers (rapid transmission of impulses) and polymodal nociceptors in the skull with physiological properties similar to those described in higher vertebrates (Sneddon *et al.* 2003), demonstrating the presence of activity, measured by means of evoked potentials, in the telecephalon (Dunlop and Laming, 2005; Nordgreen *et al.*, 2007), spinal cord, cerebellum and optic roof (Dunlop and Laming, 2005) of fish after noxious cutaneous stimulation, suggest that peripheral nociceptive signals reach the brain to be processed.

To avoid stress and pain during ordinary aquaculture practices, such as handling, transport and fishing, fishes may be anesthetized with a variety of natural and synthetic compounds in immersion bath anesthesia. The most common agents for fish anesthesia in Brazil are benzocaine and eugenol. An optimal and well-applied anesthesia should induce muscle relaxation (motor reflexes) and autonomic stabilization (autonomic reflexes). In addition, it should cause analgesia and rapidly induce an unconscious stage in fish, which should reduce metabolic rate, oxygen consumption, and gill excretion (Zahl *et al.*, 2012).

Thus, it requires complete blocking of pain transmission and its consequences, such as tachycardia and tachypnea and cortisol secretion by interrenal tissue cells located around the posterior cardinal veins of the cranial kidney (Stolte *et al.*, 1996; Tort, 2011), characterizing the hypothalamic–pituitary–interrenal tissue axis (Cockren, 2013). Bone fish do not have organized adrenal glands similar to mammals, and similar functions are performed by chromaffin tissue and interrenal tissue located in the cranial kidneys (Barton, 2002). Elevation of plasma corticosteroids, mainly cortisol, in teleost fish in response to various types of stressful stimuli constitutes an important hormonal or primary stress response (Barton and Iwama, 1991). For non-anesthetized Koi carp, cortisol levels recorded were $310.7 \pm 28.5 \text{ ng mL}^{-1}$ (Crosby *et al.*, 2010), with tricaine (MS-222) in the range of 163 – 354 ng mL^{-1} (Harms *et al.*, 2005).

In the present trial, Koi carps were anesthetized with different concentrations of benzocaine and eugenol, and physiological parameters before and after the painful stimulus were recorded.

MATERIAL AND METHODS

Animal maintenance

This research was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals of the Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB/USP), São Paulo, Brazil # 5420020819.

Fifty-six juvenile female Koi carps *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758) (27.20 ± 9.63 g) were purchased from Piscicultura Dinamarca (São Paulo, Brazil) and kept in a 500L liters aquarium at the Aquatic Animals facility of the ICB/USP. Koi carps were fed with omnivorous fish chow (360-AM, AMICIL S/A, Brazil) once a day until apparent satiety.

During acclimation of thirty days, the physicochemical parameters of the water were daily evaluated such as temperature ($19.79 \pm 1.34^\circ\text{C}$), pH (7.47 ± 0.09), total and toxic ammonia (0.93 ± 1.10 ppm and 0.0015 ± 0.0021 ppm, respectively), nitrite (1.32 ± 0.75 ppm) and dissolved oxygen concentrations (10.52 ± 1.10 ppm) using rapid test kits (Alcon Pet, Brazil). Toxic ammonia values for different temperatures and pH were corrected using values adjusted by Emerson *et al.* (1975). Those parameters are within the range recommended by Saint-Erne (2010) for Koi carps.

Koi carps anesthesia and material collection

For Koi carps anesthesia with benzocaine (Benzocaine, Sigma-Aldrich, United States), anesthetic solutions at concentrations of 70, 100 and 130 mg L⁻¹ were prepared – groups B70, B100 and B130 (Mohamed, 1999; Antunes *et al.*, 2008). Anesthesia with eugenol (Eugenol, Biodinâmica, Brazil) was performed with anesthetic baths at 20, 40 and 60 mg L⁻¹ – groups E20, E40 and E60 (Hikasa *et al.*, 1986). Before water addition, all anesthetics were dissolved 1:5 in 100% ethanol. A plastic box containing the anesthetic solution kept with constant aeration and a stainless steel grid lid (a rodent cage) was used in this trial. A second box with constant aeration was kept nearby to evaluate the carp's recovery after anesthesia. Koi carps of the control group were not anesthetized, but only handed to verify whether the consequences were due to stress or pain.

Each group of Koi carps (n=8) was anesthetized in the respective bath kept at 19-20°C during all trial time, and the induction times of each carp was measured. Once the deep anesthesia plane was reached, characterized by total loss of muscle tone, total loss of balance and almost no ventilation (Stage II and Plane 2 anesthetic plane, as reported by Ross and Ross, 2008), each carp was removed from the anesthetic solution and placed on the grid lid. For oxygenation of the gills and maintenance of anesthesia, a hose connected to a submersible aquarium pump into the anesthetic solution was inserted orally, with a flow rate of 300 L.h⁻¹. Visual assessment of

respiratory frequency was performed by counting the opercular movements in one minute (opercular frequency), and heart rate was performed with a vascular Doppler device (Doppler Vascular DV610, MedMega Indústria de Equipamentos Médicos, Brazil). To pinch the caudal fin, a rat tooth forceps was set ventrocranially between the caudal fin and the cloaca, with an extension of 1 cm on the flanks and forming a 45 degree angle between the forceps and the caudal fin. The tweezers were pressed with maximum intensity for one minute (Figure 1a). Opercular frequency and heart rate (Figure 2b) were measured again after the painful stimulus.

Dorsal vessels were punctured using a 13 x 0.38 mm (27.5G x 1.2”) needles coupled to 1 mL syringes for blood collection (Figure 1c). Previously, needles and syringes were internally coated with a 3% EDTA dissolved in 0.65% NaCl saline solution to avoid blood clogging. A second syringe without anticoagulant was set for whole blood acquisition. Around 100 μ L of blood were collected in each syringe per animal.

Finally, each carp was weighed and relocated to a recovery box with constant water oxygenation and the recovery time was measured. Post-painful stimulus analgesia was performed with the administration of 0.15 mL of IM lidocaine hydrochloride (Lidocaína 1%, Eurofarma, Brazil) at a concentration of 5 mg mL⁻¹ (Chatigny *et al.*, 2018). Carps returned to the 500 liter aquaria and were evaluated for 72 hours in order to observe post painful signs and behavior (Harms *et al.*, 2005).



Figure 1. a, caudal fin pinching after Koi carp reaches the deep anesthetic plane; b, heart rate record using avascular Doppler device; c, blood collection throw dorsal vessels puncture.

Hematological analysis

Blood samples were used in the determination of blood glucose, hematocrit, blood smears preparation and samples for liquid nitrogen storing. Blood glucose was set using a portable blood glucose monitor kit with disposable strips (Accu-Chek Active, Roche, Germany) as reported for

Koi carps (Crosby *et al.*, 2010). For hematocrit, microhematocrit glass capillary tubes were centrifuged at $700 \times g$ for 1-2 min in a microhematocrit centrifuge (Microcentrifuga MH, SISLAB Ltda., Brazil). Blood droplets were used for blood smears preparation, which were stored until stain.

Hemoglobin concentration was set using the cyanomethemoglobin method. 10 μL of blood was diluted in 2.5 mL of 0.6 mM potassium ferrocyanide solution (Drabkin reagent) (Kit Hemoglobina, Labtest Diagnósticos S/A, Brazil) and homogenized. After 10 minutes, the color intensity of each sample was read in a spectrophotometer (Biophotometer Eppendorf v.1.35, Eppendorf AG, Germany) with a wavelength of 540 nm. To retrieve the hemoglobin concentration in Koi carps, a standard hemoglobin concentration sample (10 g dL^{-1} , Hemoglobina padrão, Labtest Diagnósticos S/A, Brazil) was taken into account.

Two microliters of blood were further diluted in 398 μL of 0.65% NaCl saline solution for total blood cell count in a Neubauer chamber at 400X magnification. Thus, the total number of erythrocytes was calculated by multiplying the total number of cells recorded using a Neubauer chamber by 10,000 (number of cells μL^{-1}). Blood smears were stained using a diff-quick kit (Kit Panótico, Laborclin Produtos para Laboratórios, Brazil) and the total leukocyte number and differential leukocyte counting among 1000 erythrocytes was performed using an oil immersion objective at 1000X magnification. Leucocytes were identified as lymphocytes, neutrophils, monocytes, eosinophils and basophils and the actual concentration of each type of leukocyte was calculated as the proportion of the number of cells among 1000 erythrocytes and the concentration found in the Neubauer chamber (leucocyte type μL^{-1}).

Data on hematocrit, hemoglobin and number of erythrocytes were used to calculate the hematimetric values mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) according to the technique described by Tripathi *et al.* (2004).

Quantification of blood plasma cortisol

Blood samples collected with anticoagulant were centrifuged at $700 \times g$ for 3 minutes at 4°C (Universal 32R centrifuge, Andreas Hettich GmbH & Co KG, Germany) for blood plasma acquisition. After centrifugation, plasma from each sample was collected and packaged in microtubes, which were stored at -20°C for the determination of cortisol levels using ELISA tests.

Blood plasma cortisol levels were determined using a commercial microplate ELISA kit (Cortisol ELISA Kit # 500360, Cayman Chemical, USA), following the manufacturer's

instructions. The microplate was read on a microplate spectrophotometer (SpectraMax 190, Molecular Devices, USA) under light wavelength of 405 nm and adjusted temperature at 20°C after 120 min of development. Soft Max Pro 4.8 software (Molecular Devices, USA) was used to acquire the blood plasma cortisol levels, expressed in ng mL^{-1} .

Statistical analysis

Data were evaluated by normality tests (D'Agostino-Pearson) with subsequent parametric (ANOVA with Tukey's post hoc test) and non-parametric tests (Kruskal-Wallis with Dunn's post-test) in GraphPad Prism 6 statistical packages (GraphPad Software Inc., USA). The results were expressed with a 95% confidence interval ($p < 0.05$) as mean \pm standard deviation.

As blood plasma cortisol values did not show Gaussian distribution, acquired data were analyzed by the Grubbs test to remove outliers and later evaluated by non-parametric tests (Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests, $p < 0.05$) and unpaired t-test ($p < 0.05$) between the control and anesthetized groups using GraphPad Prism 6 (GraphPad Software Inc., USA) statistical software.

RESULTS

Physiological factors related to anesthesia and fin pinching

Data on respiratory frequency, heart rate and blood glucose levels were measured during the carp anesthesia and are presented in Table 1.

During the anesthesia with eugenol solutions, any carp of the E20 group reached only the tranquilization level after 15 minutes in the anesthetic solution. Regarding induction times, groups B70, B100, B130 and E60 showed similar values, with E40 presenting the highest average value for induction time ($p < 0.05$). Recovery times were longer, showing a synergic effect when using both anesthetics in association with lidocaine hydrochloride via IM (Table 1).

It was also observed that E40 and E60 carps showed motor response during the painful stimulus application and increased heart rates after stimulus (Table 1). Koi carps anesthetized in benzocaine-based solutions did not change heart rates after the caudal fin pinching ($p > 0.05$), which were lower than in E40 and E60 after the painful stimulus heart rates. Otherwise, respiratory frequency had opposite response as compared to heart rates. E40 and E60 carps showed the lowest values for respiratory frequency when compared to carps anesthetized with benzocaine. The post-anesthesia evaluation revealed that all carps treated with lidocaine hydrochloride showed appetite

after the first 24 hours. In the control group, after 24 hours, carps were lethargic at the bottom of the aquarium with no apparent satiety, but appetite returned after the first 48 hours.

Table 1. Physiological parameters measured before and after caudal fin pinching in Koi carps *Cyprinus carpio* anesthetized with benzocaine and eugenol-based solutions.

	Control	B70	B100	B130	E20	E40	E60
Heart rate before (bpm)	104± 23.49	94± 21.49	91.5± 25.52	73.75± 34.89	99.50± 6.21	104.5± 9.66	108.5± 11.40
Heart rate after (bpm)		84± 21.80a	69.50± 27.37a	63± 14.77a		102.5± 11.69b	108.5± 12.36c
Opercular frequency before	104.5± 11.19	96.5± 25.24	103.25± 23.32	101.75± 26.26	77.5± 21.58	99± 12.96	118.75± 9.96
Opercular frequency after		100.5± 36.99	110.25± 26.08	103± 20.02		72± 14.81	91± 19.47
Blood glucose (mg.dL ⁻¹)	192.37± 95.93a	84.12± 51.61b	80.25± 49.83b	158.37± 65.99a	102.5± 70.22a	79.5± 26.26b	134.25± 52.80a
Induction time (s)		165.5± 64.15a	157.37± 60.51a	153.12± 41.77a		465.12± 238.69b	162.62±48.37a
Recovery time (s)		1961± 1280a	2234.87± 1000.36b	1574.37± 566.87a	857.12± 898.74b,c	1937.87± 676.67a,d	1619.6212± 737.86a

OBS: In lines, different letters indicate statistical differences among groups by ANOVA with Tukey post hoc test or Kruskal-Wallis with Dunn's post hoc test, $p < 0.05$.

Hematological analysis

Hematological results erythrocyte and leukocyte counts (excluding thrombocytes and erythroblasts) are shown in Table 2 with hematimetric parameters shown in Table 3. During the differential leukocyte count, it was possible to distinguish eight cell types in carp blood: erythrocytes, erythroblasts, thrombocytes, lymphocytes, neutrophils, monocytes, eosinophils and basophils as reported for common and Koi carps (Tripathi *et al.*, 2004) (Figure 2). In hematimetric parameters it was only detected an inespecific low MCHC values in B100 carps, directly influenced by the lower hemoglobin values in this group ($p < 0.05$).

Blood glucose levels also showed an inverse relationship between benzocaine concentrations. In the case of benzocaine, B130 carps showed higher glycemia compared to the two groups anesthetized with lower benzocaine concentrations (Table 1). The hematological analysis of the B70 group also revealed a nonspecific response to an irritating agent, with an increase in the hematocrit values and leukocyte counting, predominantly neutrophils (Table 2). Indeed, higher

values for monocytes and eosinophils among all groups ($p < 0.05$) contributed to leukocytosis in B70 carps.

However, Koi carps anesthetized with eugenol showed a distinct response, with mean glucose levels higher in E20 and E60 groups than that found in E40 carps (Table 1). As seen in carps anesthetized with the lower benzocaine concentration, E20 carps showed a similar response with higher red blood cell counting and higher monocyte counting among eugenol groups (Table 2).

Table 2. Erythrogram and leukogram of blood samples of Koi carps *Cyprinus carpio* collected after caudal fin pinching.

Groups	Erythrocytes ($10^6 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	Total Leukocytes ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	Lymphocytes ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	Neutrophils ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	Monocytes ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	Eosinophils ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	Basophils ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)
Control	1.93±0.88	52.7±19.28	34.16±19.75	17.54±8.14	0.31±0.08a	0.56±0.97a	0.15±0.45
B70	2.26±0.89	70.78±46.28	27.81±22.74	31.76±22.81	7.58±3.85b	2.9±1.35b	0.71±1.32
B100	1.33±0.36	34.1±21.1	21.01±16.59	8.08±5.87	8.08±5.87a	1.27±0.35a	0.45±0.63
B130	1.85±0.76	52.95±58.39	35.47±39.29	12.77±20.88	3.29±3.16a	1.17±0.78a	0.16±0.46
E20	2.01±0.53	44.91±17.37	27.95±16.59	12.39±4.64	2.75±3.03a	2.05±1.5a	0.20±0.57
E40	1.81±0.37	42.25±12.56	28.16±14.46	10.60±3.75	2.30±2.82a	1.8±0.36a	0.88±0.99
E60	1.82±0.57	43.73±21.19	23.31±14.46	18.28±21.1	0.8±1.30a	1.31±0.98a	0.14±0.41

OBS: In columns, different letters indicate statistical difference among groups analyzed by ANOVA with Tukey's post hoc test or Kruskal-Wallis with Dunn's post hoc test, $p < 0.05$.

Table 3. Hematimetric parameters of blood samples of Koi carps *Cyprinus carpio* collected after caudal fin pinching.

Groups	Hematocrit (%)	Hemoglobin ($\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC ($\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$)
Control	24.62±7.78	6.74±2.48	141.64±57.79	37.68±15.26	27.29±7.67a
B70	25.31±5.49	6.25±1.94	137.31±76.51	30.26±9.18	24.88±7.37a
B100	33.0±11.67	5.81±2.47	251.51±91.83	44.50±20.33	17.66±4.19b
B130	37.5±6.25	7.0±1.07	223.63±72.09	41.92±13.35	18.86±2.39a
E20	28.9±10.02	7.0±2.37	149.64±66.55	35.07±9.46	24.64±5.18a
E40	32.12±7.0	8.48±0.61	181.63±42.77	48.26±9.86	27.77±7.84a
E60	30.93±9.38	6.98±1.26	186.48±75.99	41.76±13.86	23.51±3.93a

OBS: In columns, different letters indicate statistical difference among groups analyzed by ANOVA with Tukey's post hoc test or Kruskal-Wallis with Dunn's post hoc test, $p < 0.05$.

Blood plasma cortisol after fin pinching

Blood plasma cortisol values are presented as mean \pm mean standard error (Figure 2). Unexpectedly, blood plasma cortisol levels reached maximum values in B100 and E60 Koi carps when compared to the concentrations found in carp from the control group without prior anesthesia (87.57 ± 28.42 and 36.10 ± 9.13 ng mL⁻¹ vs 68.68 ± 23.79 ng mL⁻¹, respectively). Lower values for cortisol levels were detected in B130 and E40 Koi carps (59.69 ± 20.39 and 25.83 ± 9.15 ng mL⁻¹, respectively). However, there was no difference either between the groups or for the analysis between the control and anesthetized groups evaluated by the t-tests (Figure 3).

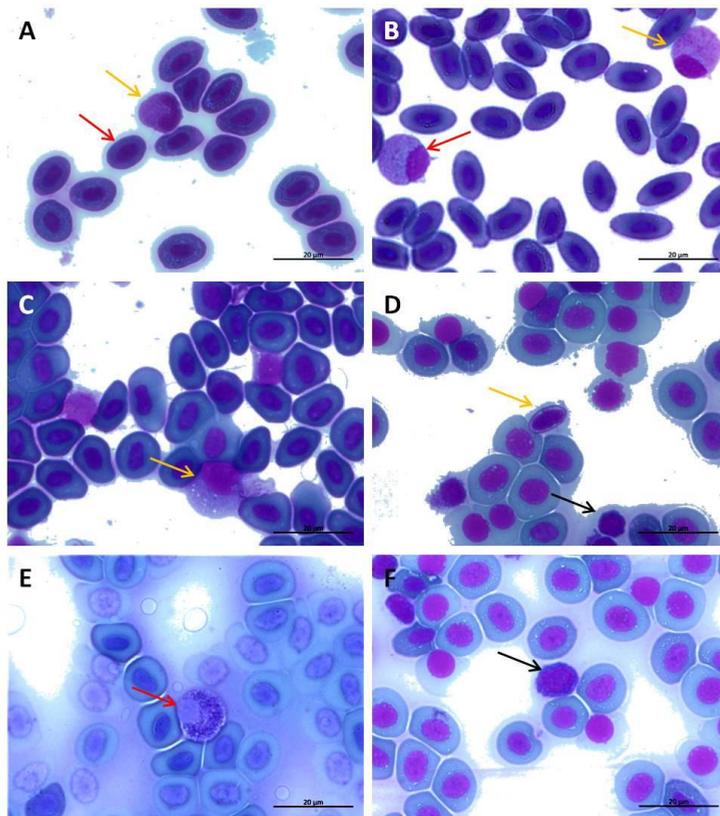


Figure 2. Blood cells of Koi carps *Cyprinus carpio*. **A**, bilobed neutrophil (orange arrow) and erythrocyte (red arrow). **B**, eosinophil (orange arrow) and neutrophil (red arrow). **C**, monocyte (orange arrow). Observe the presence of cytoplasmic vacuoles. **D**, thrombocyte (orange arrow) and lymphocyte (black arrow). **E**, basophil. **F**, erythroblast. Diff-quick dye technique. Immersion oil objective, 1000X magnification. Bars – 20 μ m.

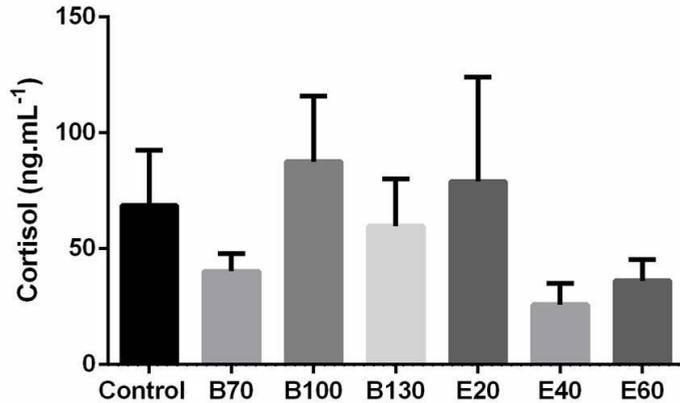


Figure 3. Plasma cortisol levels assessed by the Kruskal-Wallis test (mean \pm mean standard error). There was no statistical difference among groups anesthetized in solutions with different concentrations of benzocaine and eugenol and non-anesthetized carp.

DISCUSSION

Anesthesia with benzocaine and eugenol showed that higher concentrations of both anesthetics reduce the induction and increase the recovery times for common carps corroborating with the results reported by Ferreira *et al.* (1984a) and Hikasa *et al.* (1986). As observed, Koi carps also had long recovery times with association between the analgesic effect of the lidocaine hydrochloride via IM after the caudal fin pinching (Chatigny *et al.*, 2018) added to the eugenol and benzocaine anesthetic activities. Appetite lost and its recovery was observed by others in fish surgery after using butorphanol (Harms *et al.*, 2005) and morphine (Baker *et al.*, 2013). Martins *et al.* (2019) enlighten the use of lidocaine hydrochloride as anesthetic and analgesic drug for fishes, in addition to its employment in the development of anesthetic and analgesic protocols. Most of the controversy over the identification of stress, pain and/or distress in fish is related to the lack of comprehensive clinical data for most species (Weber, 2011). One of the subjective reasons for promoting pain medication in fish is to eliminate anorexia. Inappetence or anorexia is a common finding in compromised fish, and can be a post-anesthesia, diagnostic procedure, and post-surgical complication (Weber, 2011).

Blood analysis showed variations in few hematological parameters, such as the increased leukocytes, lymphocytes, neutrophils and monocytes counting, increase in hematocrit and MCHC when compared to reference intervals for common carps anesthetized with benzocaine (Ferreira *et al.*, 1981) and clove oil (Velisek *et al.*, 2005), and Koi carps anesthetized with MS-222 (Tripathi *et al.*, 2004). Hematological data retrieved from Koi carps anesthetized with benzocaine was also

observed in common carps in benzocaine-based anesthetic baths (Ferreira *et al.*, 1981). Benzocaine in low concentration (80 mg L^{-1}) lead to increased erythrocyte count, hematocrit and hemoglobin values as detected in B70 and E20 Koi carps as hemoconcentration, which also affected hematimetric derived factors such as MCV, MCH and HCMC. Furthermore, Koi carps anesthetized with eugenol had less fluctuation on hematological parameters in relation to the control group than carps anesthetized with benzocaine. This suggests a greater fish tolerance to eugenol, possibly due to its lipophilic profile, facilitating gill absorption. Thus, anesthesia followed by painful stimulus triggers a physiological response characterized as leukocytosis by lymphocytosis and neutrophilia, with discrete monocytosis.

Blood glucose levels also had a relationship to the concentrations of benzocaine and eugenol. The intermediate concentrations of both anesthetics led to the lowest blood glucose values recorded, a fact also observed in common carps anesthesia with benzocaine by Ferreira *et al.* (1980). In the case of anesthesia with benzocaine and fin pinching, the B130 and E60 groups showed high blood glucose compared to the groups with lower concentration, similar to reported by Heo and Shin (2010) for goldfish *Carassius auratus* anesthesia with benzocaine. Conflicting data are reported, as lower blood glucose levels in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) when using increased eugenol concentrations (Filiciotto *et al.*, 2012). Therefore, elevated hematocrit, erythrocyte count and blood glucose values may be indirectly interpreted as a consequence of the stress caused by the hypoxia of deep anesthesia (Wendelaar Bonga, 1997) plus the stressful condition (fin pinching).

Previous studies have reported that rapid increases in plasma levels of catecholamines, adrenaline and noradrenaline occur primarily in fishes facing severe acute stress, particularly if it is accompanied by, or involves a significant reduction in blood oxygen concentration (Gesto *et al.*, 2015). Using increased anesthetic concentrations lead to a reduction of pO_2 and an increase of pCO_2 in the bloodstream of common carp anesthetized with benzocaine (Ferreira *et al.*, 1981) and in Koi carps with MS-222 (Parker-Graham *et al.*, 2020), which may triggered the cortisol releasing by the cranial kidney tissue (Tort, 2011). In addition, during anesthesia, fish hypoxia prevention was attempted by the constant oxygenation of the anesthetic solutions and its constant pumping to the gills. However, hypoxia consequences cannot be discharged by hydrodynamic factors such as gill countercurrent exchange, heart rate and anesthetic flow through gill filaments. First fish contacts with anesthetic baths led to increased opercular frequency in all Koi groups with a second response profile characterized as a decreased respiratory activities as reported by Ferreira *et al.* (1984b) in common carps. Benzocaine seems to be safer because channel catfish (*Ictalurus punctatus*) exposed to a benzocaine-based solution at 70 mg L^{-1} revealed that its absorption is independent of the water flow through the gills, since benzocaine is moderately bound to plasma proteins (Hayton *et al.*, 1996). On the other hand, E60 carps had higher mean opercular frequency

values after reaching deep anesthesia plane and before fin pinching, possibly a hypoxia side effect caused by high eugenol concentration. Moreover, tambaqui fishes (*Colossoma macropomum*) keep brain activities and had an intense neuronal excitability when anesthetized in eugenol-based baths, therefore may be not suitable to be used for general anaesthesia (Barbas *et al.*, 2021).

Flik *et al.* (2006) discussed the fact that common carp larvae in their early stages, still protected by the egg membrane, are able to produce cortisol when the embryo is disturbed by manipulation of the egg with a forceps. However, in juvenile fishes the relationship between anesthesia and plasma cortisol levels is divergent. Anesthesia of *Pimephales promelas* cyprinids with eugenol at 30 mg L⁻¹ does not alter plasma cortisol levels (Palić *et al.*, 2006). However, Le *et al.* (2019) observed that goldfish *Carassius auratus* anesthetized with eugenol solution at 20 mg L⁻¹ had higher plasma cortisol levels when compared to the group anesthetized with MS-222 solution and by percussive stunning. For *Dicentrarchus labrax* sea bass, plasma cortisol levels varied non-linearly with increasing eugenol concentrations used (Filiciotto *et al.*, 2012). Similarly, to observed in Koi carps, the intermediate concentrations of eugenol revealed the lowest levels of cortisol. Even so, all groups anesthetized with eugenol had cortisol levels similar to those of their respective control groups (Filiciotto *et al.*, 2012). Under anesthesia in eugenol-based baths, silver catfishes (*Rhamdia quelen*) showed similar response for plasma cortisol levels as seen with carps, with lower values in fishes anesthetized at 40 mg.L⁻¹ (Corso *et al.*, 2019). For the hybrid Amazon catfish *Pseudoplatystoma reticulatum* × *Leiarius marmoratus*, the recommended concentrations of eugenol for anesthesia are between 21 and 53 mg.L⁻¹. The use of the highest concentration reduced plasma cortisol levels and there was no change in plasma glucose levels (de Oliveira *et al.*, 2019).

Finally, to ensure the well-being of fish undergoing procedures that may inflict pain, anesthetic agents in concentrations sufficient to block nociceptive pathways are needed. Studies have shown that anesthetic doses of benzocaine, MS-222, metomidate and 2-phenoxyethanol do not completely block responses to nociceptive stimuli in *Gadus morhua* cod (Zahl *et al.*, 2009) and *Hippoglossus hippoglossus* (Zahl *et al.*, 2011). Reflex reactions to caudal fin pinching and responsiveness to handling were most effectively reduced in two anesthetics, MS-222 and benzocaine. This is likely related to the mode of action, as these substances suppress signal transmission in both the central and peripheral nervous systems (Zahl *et al.*, 2012). Here, fin pinching in Koi carps resulted in body reactions with physiological consequences when lower anesthetic concentrations were employed showing that there is a direct relation between concentration and effect of the anesthetic.

CONCLUSIONS

In painful procedures performed in Koi carps with benzocaine – based anesthetic solution at 130 mg L⁻¹ had the best results when physiological parameters are analyzed, such as lower plasma

cortisol levels, absence of nonspecific leucocyte reaction and no altered heart rate and opercular frequency after fin pinching.

Fish anesthesia showed problems with reaching tranquilization in lower concentrations or it is likely hypoxia when used at 60 mg L⁻¹. Thus, eugenol must be employed only for routine aquaculture procedures, such as fish weighing or blood collection.

Acknowledgement

This research was funded by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) grants # 159651/2015-8 and 163896/2018-6.

REFERENCES

- Antunes MIPP, Spurio RS, Godoi DA. et al. (2008). Benzocaine hydrochloride anesthesia in carp (*Cyprinus carpio*). *Semina Ciências Agrárias*, 29: 151-156.
- Baker TR, Baker BB, Johnson SM, Sladky KK. (2013). Comparative analgesic efficacy of morphine sulfate and butorphanol tartrate in koi (*Cyprinus carpio*) undergoing unilateral gonadectomy. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243: 882-890.
- Barbas LAL, Torres MF, da Costa BMP. et al. (2021). Eugenol induces body immobilization yet evoking an increased neuronal excitability in fish during short-term baths. *Aquatic Toxicology*, 231: 105734.
- Barton BA. (2002). Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42: 517-525.
- Barton BA, Iwama GK. (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1: 3-26.
- Chandroo KP, Duncan IJH, Moccia RD. (2004) Can fish suffer? Perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*, 86: 225-250.
- Chatigny F, Creighton CM, Stevens ED. (2018). Intramuscular infiltration of a local anesthetic, lidocaine, does not result in adverse behavioural side effects in rainbow trout. *Scientific Reports*, 8: 10250.
- Cockrem JF. (2013). Individual variation in glucocorticoid stress responses in animals. *General and Comparative Endocrinology*, 181: 45-58.
- Corso MN, Marques LS, Gracia LF. et al. (2019). Effects of different doses of eugenol on plasma cortisol levels and the quality of fresh and frozen-thawed sperm in South American catfish (*Rhamdia quelen*). *Theriogenology*, 125: 135-139.

- Crosby TC, Petty BD, Hamlin HJ. et al. (2010). Plasma cortisol, blood glucose, and marketability of koi transported with metomidate hydrochloride. *North American Journal of Aquaculture*, 72: 141-149.
- de Oliveira CPB, da Paixão Lemos CH, Vidal LVO. et al. (2019). Anaesthesia with eugenol in hybrid Amazon catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* × *Leiarius marmoratus*) handling: Biochemical and haematological responses. *Aquaculture*, 501: 255-259.
- Dunlop R, Laming P. (2005). Mechanoreceptive and nociceptive responses in the central nervous system of goldfish (*Carassius auratus*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Journal of Pain*, 6: 561-568.
- Emerson K, Russo RC, Lund RE, Thurston RV. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32: 2379-2383.
- Ferreira JT, Smit GL, Schoonbee HJ. (1981). Haematological evaluation of the anaesthetic benzocaine hydrochloride in the freshwater fish *Cyprinus carpio* L. *Journal of Fish Biology*, 18: 291-297.
- Ferreira JT, Schoonbee HJ, Smit GL. (1984a). The uptake of the anaesthetic benzocaine hydrochloride by the gills and the skin of three freshwater fish species. *Journal of Fish Biology*, 25: 35-41.
- Ferreira JT, Schoonbee HJ, Smit GL. (1984b). The anaesthetic potency of benzocaine-hydrochloride in three freshwater fish species. *South African Journal of Zoology*, 19: 46-50.
- Filiciotto F, Buscaino G, Buffa G. et al. (2012). Anaesthetic qualities of eugenol and 2-phenoxyethanol and their effect on same haematological parameters in farmed European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11: 494-502.
- Flik G, Klaren PH, Van den Burg EH. et al. (2006). CRF and stress in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 146: 36-44.
- Gesto M, López-Patiño MA, Hernández J. et al. (2015). Gradation of the stress response in rainbow trout exposed to stressors of different severity: the role of brain serotonergic and dopaminergic systems. *Journal of Neuroendocrinology*, 27: 131-141.
- Harms CA, Lewbart GA, Swanson CR. et al. (2005). Behavioral and clinical pathology changes in koi carp (*Cyprinus carpio*) subjected to anesthesia and surgery with and without intra-operative analgesics. *Comparative Medicine*, 55: 221-226.
- Heo GJ, Shin G. (2010). Efficacy of benzocaine as an anaesthetic for Crucian carp (*Carassius carassius*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 37: 132-135.
- Hikasa Y, Takase K, Ogasawara T, Ogasawara S. (1986). Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the carp, *Cyprinus carpio*. *Japanese Journal of Veterinary Science*, 48: 341-351.
- Kiessling A, Johansson D, Zahl IH, Samuelsen OB. (2009). Pharmacokinetics, plasma cortisol and effectiveness of benzocaine, MS-222 and isoeugenol measured in individual dorsal aorta-

- cannulated Atlantic salmon (*Salmo salar*) following bath administration. *Aquaculture*, 286: 301-308.
- Lamont LA, Tranquilli WJ, Grimm KA. (2000). Physiology of pain. *Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 30: 703-728.
- Le Q, Hu J, Cao X. et al. (2019). Transcriptomic and cortisol analysis reveals differences in stress alleviation by different methods of anesthesia in Crucian carp (*Carassius auratus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 84: 1170-1179.
- Martins T, Valentim A, Pereira N, Antunes LM. (2019). Anaesthetics and analgesics used in adult fish for research: A review. *Laboratory Animals* 53, 325-341.
- Mohamed SJ. (1999). Comparative efficacy of four anesthetics on common carp *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 29: 91-97.
- Neiffer DL, Stamper MA. (2009). Fish sedation, anesthesia, analgesia, and euthanasia: considerations, methods, and types of drugs. *ILAR Journal*, 50: 343-360.
- Nordgreen J, Horsberg TE, Ranheim B, Chen AC. (2007). Somatosensory evoked potentials in the telencephalon of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following galvanic stimulation of the tail. *Journal of Comparative Physiology A*, 193: 1235-1242.
- Palić D, Herolt DM, Andreasen CB. et al. (2006). Anesthetic efficacy of tricaine methanesulfonate, metomidate and eugenol: effects on plasma cortisol concentration and neutrophil function in fathead minnows (*Pimephales promelas* Rafinesque, 1820). *Aquaculture*, 254: 675-685.
- Parker-Graham CA, Lima KM, Soto E. (2020). The effect of anesthetic time and concentration on blood gases, acid-base status, and electrolytes in koi (*Cyprinus carpio*) anesthetized with buffered tricaine methanesulfonate (MS-222). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 51: 102-109.
- Portavella M, Vargas JP, Torres B, Salas C. (2002). The effects of telencephalic pallial lesions on spatial, temporal, and emotional learning in goldfish. *Brain Research Bulletin*, 57: 397-399.
- Portavella M, Torres B, Salas C. (2004). Avoidance response in goldfish: emotional and temporal involvement of medial and lateral telencephalic pallium. *The Journal of Neuroscience*, 24: 2335-2342.
- Rink E, Wullimann MF. (2004). Connections of the ventral telencephalon (subpallium) in the zebrafish (*Danio rerio*). *Brain Research*, 1011: 206-220.
- Ross LG, Ross B. (2008). *Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals*. Oxford: Blackwell Publishing Inc. UK. 240pp.
- Saint-Erne N. (2010). Diagnostic techniques and treatments for internal disorders of koi (*Cyprinus carpio*). *Veterinary Clinics: North America Exotic Animal Practice*, 13: 333-347.
- Sneddon LU, Braithwaite VA, Gentle MJ. (2003). Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 270: 1115-1121.

- Stolte EH, de Mazon AF, Leon-Koosterziel KM. et al. (2008). Corticosteroid receptors involved in stress regulation in common carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Endocrinology*, 198: 403-417.
- Striedter GF. (2005). *Principles of Brain Evolution*. 1ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. USA. 403pp.
- Tort L. (2011). Stress and immune modulation in fish. *Developmental and Comparative Immunology*, 35: 1366-1375.
- Tripathi NK, Latimer KS, Burnley VV (2004). Hematologic reference intervals for koi (*Cyprinus carpio*), including blood cell morphology, cytochemistry, and ultrastructure. *Veterinary Clinical Pathology*, 33: 74-83.
- Velisek J, Svobodova Z, Piackova V. et al. (2005). Effects of clove oil anaesthesia on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Veterinary Medicine (Czech)*, 50: 269-275.
- Weber ES. (2011). Fish analgesia: pain, stress, fear aversion, or nociception?. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice*, 14: 21-32.
- Wendelaar Bonga SE. (1997). The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77: 591-625.
- Zahl IH, Kiessling A, Samuelsen OB, Hansen MK. (2009). Anaesthesia of Atlantic cod (*Gadus morhua*) - effect of pre-anaesthetic sedation, and importance of body weight, temperature and stress. *Aquaculture*, 295: 52-59.
- Zahl IH, Kiessling A, Samuelsen OB, Hansen MK. (2011). Anaesthesia of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) Effect of pre-anaesthetic sedation, and importance of body weight and water temperature. *Aquaculture Research*, 42: 1235-1245.
- Zahl IH, Samuelsen O, Kiessling A. (2012). Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38: 201-218.

Influência do sistema de cultivo nos índices Hematológicos de Jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824)

Influence of the rearing system on hematological parameters of de Jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824)

Renata Stecca Iunes*, **André Luiz Veiga Conrado**,
Mateus Costa, **Isabella Cristina Bordon**,
José Roberto Machado Cunha da Silva

Laboratório de Histofisiologia Evolutiva,
Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento,
Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo,
(ICB/USP). São Paulo, Brasil

Renata Stecca Iunes   riunes@gmail.com

RESUMO | O consumo de peixes vem crescendo desde 1961. De fato, o setor pesqueiro é essencial para prevenir a fome e a desnutrição em todo o mundo, e emprega milhões de pessoas, ajudando no combate à pobreza. No entanto, este setor tem seus desafios. Os estoques de peixes estão sendo explorados além da sustentabilidade biológica, com doenças e riscos de biossegurança para a produção e danos ao meio ambiente e aos ecossistemas. Há uma necessidade clara de melhorar a piscicultura com o mínimo de impacto ambiental. Sistemas heterotróficos e aquaponicos estão sendo utilizados para atender a essas necessidades. No entanto, fatores ambientais podem afetar a fisiologia dos peixes criados nesses sistemas. É fundamental entender como esses sistemas afetam os parâmetros hematológicos já que são usados como para a avaliação do estado de saúde do peixe, podendo levar a interpretações erradas caso eles se alterem devido ao tipo de cultivo. Avaliamos os efeitos desses sistemas nos parâmetros hematológicos dos peixes. Os jundiás foram criados em sistema recirculado (controle), heterotrófico e aquaponico. Os parâmetros hematológicos foram avaliados no início e no final do cultivo. No final do experimento, não houve diferença estatística entre os parâmetros hematológicos. Mostrando que os sistemas heterotróficos e aquaponico são uma tecnologia promissora para a produção de peixes para atender às necessidades nutricionais com um impacto ambiental mínimo.

Palavras-chave: |

Parâmetros hematológicos,
Rhamdia quelen,
aquaponico,
heterotrófico.

ABSTRACT | Fish consumption has been growing since 1961. In fact, the fishing sector is essential to prevent hunger and malnutrition worldwide, and it employs millions of people, helping to fight poverty. However, this sector has its challenges. Fish stocks are being exploited beyond biological sustainability, with diseases and biosecurity risks for production and damage to the environment and ecosystems. There is a clear need to improve fish farming with minimal environmental impact. Heterotrophic and aquaponic systems are being used to meet these needs. However, environmental factors can affect the physiology of fish reared in these systems. It is essential to understand how these systems affect the hematological parameters as they are used to assess the health status of the fish, which can lead to misinterpretations if they change due to the type of rearing system. We evaluated the effects of these systems on the hematological parameters of fish. The silver catfish were reared in a recirculated (control), heterotrophic and aquaponic system. Hematological parameters were evaluated at the beginning and at the end of the culture. At the end of the experiment, there was no statistical difference between the hematological parameters. Showing that heterotrophic and aquaponic systems are a promising technology for fish production to meet nutritional needs with minimal environmental impact.

Keywords | Hematological parameters, *Rhamdia quelen*, aquaponic, heterotrophic.

INTRODUÇÃO

De 1990 a 2018 houve um aumento de 122% no consumo mundial de pescado (FAO, 2020). Para suprir essa crescente demanda, a criação de peixes cresceu 527% no mesmo período enquanto que a pesca cresceu 14% (FAO, 2020). Estima-se que, em 2025, 52% da produção do pescado será suprida pela aquicultura (FAO, 2006).

O aumento da produção de pescado aliado ao manejo periódico, mudanças bruscas de temperatura, má nutrição e baixa qualidade de água contribuem para causar estresse e imunossupressão nos peixes. A imunossupressão aumenta os riscos de infecção deixando a aquicultura vulnerável a surtos de doenças e quebra de produção (Reverter et al., 2014). Os sistemas utilizados para criação em pequena e média escala são a aquaponia e o sistema heterotrófico, além do sistema recirculado.

Os sistemas heterotróficos, ou bioflocos, e a aquaponia são dois sistemas de cultivo que visam a diminuição do impacto ambiental da aquicultura. O sistema heterotrófico foi desenvolvido nos Estados Unidos a partir da década de 1990 (Browdy et al., 2001) que consiste em um sistema com altas densidades de estocagem sem renovação de água maximizando a biossegurança e minimizando os impactos ambientais causados pela aquicultura (Avnimelech, 2011). No sistema

heterotrófico há melhora na qualidade de água, diminuição da introdução de patógenos, com estímulo do sistema imune e aumento de sua resistência às doenças (Mansour & Esteban, 2017). A aquaponia integra aquicultura com hidroponia, usando equipamento e métodos tanto da aquicultura como da hidroponia (dos Santos, 2016). O interesse na aquaponia vem crescendo não só por sua sustentabilidade, como, por seu potencial em economizar água, permitir o fornecimento de alimentos todo o ano e de seu potencial para ser implantado próximo ou em centros urbanos (dos Santos, 2016). O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros hematológicos de juvenis de jundiás *Rhamdia quelen* criados nos sistemas recirculado, aquapônico e heterotrófico após seis meses de cultivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais e sistemas de cultivo

O presente projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto de Ciências Biomédicas (Universidade de São Paulo) (CEUA-ICB/USP) sob o CEUA nº 8118271118. Trinta e seis juvenis de Jundiá (*Rhamdia quelen*) foram adquiridos da Piscicultura Dinamarca LTDA, São Paulo/SP, mantidos no biotério de animais aquáticos e arraçoados uma vez ao dia (3% do peso vivo) com ração para peixes onívoros (Ração Peixe Juvenil 360-AM, AMICIL S/A, Brasil) com 36% de proteína bruta e com mínimo de 4600 kcal/kg.

Os sistemas foram compostos por 3 tanques cada tanque com 4 animais, os peixes foram distribuídos aleatoriamente entre os tanques. O sistema recirculado (Figura 1) tinham 3 tanques com saída interligadas a um cano que levava ao filtro onde a água do tanque passava por filtração mecânica (feita por argila expandida e perlona), filtração química (carvão ativado) e filtração biológica. A água era bombeada novamente para os tanques por uma bomba de 540 L/h e mangueiras ligadas por torneiras. A água de cada tanque era trocada totalmente a cada 1 hora. Foram colocados arejadores com pedras porosas para oxigenar a água.



Figura 1. Sistema recirculado. A. Os três tanques do sistema recirculado com suas identificações 1,2 e 3, a caixa sem identificação é o filtro. B. Detalhe de um dos tanques mostrando a saída de água (seta) e a entrada de água (cabeça de seta). C. detalhe do filtro.

No sistema de aquaponia (Figura 2) uma bomba de 600L/h bombeava a água do tanque de peixes para a caixa de cultivo de alfaces. A caixa de cultivo de alfaces tinha um sifão do tipo sino por onde a água caía no tanque de cultivo de peixes ajudando na aeração dela. A caixa de cultivo foi preenchida de argila expandida que servia de suporte para os alfaces e local de colonização das bactérias nitrificantes. Arejadores e pedras porosas também foram usados para oxigenação da água. As alfaces foram adquiridas no CEAGESP e colocados nas caixas de cultivo no mesmo dia que os peixes foram distribuídos nos sistemas.



Figura 2. Tanque de aquaponia. A. Tanque de aquaponia com as caixas de cultivo suspensas. B. Detalhe da caixa suspensa pronta para receber as alfaces. C. Detalhe da caixa suspensa já com as alfaces.

Para o sistema heterotrófico (Figura 3) após a colocação dos peixes nos tanques, foram adicionadas bactérias probióticas (*Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus acidophilus*) e prebióticos (metionina, lisina, vitamina C, vitamina E, colina, mananoligossacarídeo e dextrose) (DB Aqua, Imeve, Jaboticabal/SP, Brasil), seguindo-se as especificações dos fabricantes, para a formação do biofloc. Todos os dias melaço (3% da ração fornecida) foi adicionado a água, como fonte de carbono, para ajudar na manutenção do biofloc. Arejadores e pedras porosas fazem a oxigenação da água.



Figura 3. Sistema heterotrófico. A. 2 dos tanques do sistema heterotrófico. B. Detalhe de um dos tanques heterotróficos aberto. C. Biofloc decantado.

Durante o cultivo a retirada de material orgânico foi realizada por sifonagem do fundo dos tanques recirculados em dias alternados e quando necessários os de aquaponia também. A água evaporada dos tanques era resposta quando necessário.

Qualidade da água

Para avaliar a qualidade da água foram aferidos os seguintes parâmetros: nitrito, amônia total e amônia tóxica, oxigênio dissolvido e pH, com kits comerciais (Alcon Pet, Camboriú/SC, Brasil), e temperatura com termômetros para aquários.

Durante a aclimação e até os sistemas estabilizarem a avaliação da água foi feita diariamente. Após a estabilização dos sistemas a aferição da qualidade da água foi feita semanalmente. Sempre que se observou qualquer parâmetro próximo aos níveis tóxicos 1/3 da água do taque era trocada.

Coleta de material

Todo e qualquer animal manipulado experimentalmente foi previamente anestesiado com benzocaína (Benzocaine, Sigma-Aldrich, Saint Louis/MO, Estados Unidos), diluída em etanol puro (1:5) para melhor diluição do anestésico na água, a 40 ppm (da Silva et al., 2005).

O sangue foi coletado por punção da veia caudal com seringa de 1mL heparinizadas (Hepamax-S, Blau Farmacêutica, Cotia/SP, Brasil) acopladas a agulhas hipodérmicas de 13x0,38mm (27,5G x 1,2).

Contagem total de células

Para a contagem total de células sanguíneas o sangue foi diluído na proporção de 1:200 em solução salina NaCl a 0,65% e as células foram contadas em câmara de Neubauer ao microscópio de luz em aumento de 400X.

Para a contagem total de células do lavado celomático, o lavado foi centrifugado à 600g por 10 min à 4°C e as células ressuspensas em 1mL de RPMI e então contadas em câmara de Neubauer ao microscópio de luz em aumento de 400X.

Contagem diferencial de leucócitos

A contagem diferencial foi em uma extensão de sangue corada com Rosenfeld e observada sob microscopia de luz em campo claro, com objetiva de 100X. Foram contado o total de leucócitos

observados em 1000 eritrócitos, fazendo a diferenciação entre linfócitos, neutrófilos, monócitos, eosinófilos, basófilos células granulocíticas especiais e trombócitos.

Hematócrito

Uma alíquota de sangue fresco foi utilizada para preencher tubos capilares de vidro já heparinizados para micro-hematócrito (Precision Glass, Cral, Cotia/SP, Brasil), que foram selados em uma das extremidades com massa de modelar e centrifugados a 3.000 RPM em centrífuga para micro-hematócrito, Microcentrífuga MH SISLAB (SISLAB Ltda., São Paulo/SP, Brasil) por 1-2 minutos e posteriormente lidos (resultado em porcentagem de células).

Quantificação de hemoglobina

A determinação das concentrações de hemoglobina foi realizada através do método de cianometahemoglobina: 10µL de sangue foram diluídos em 2,5mL de solução de ferrocianeto de potássio a 0,6mM (líquido de Drabkin) (Kit Hemoglobina, Labtest Diagnósticos S/A, Lagoa Santa/MG, Brasil) e homogeneizado. Após 10 minutos a intensidade de cor de cada amostra foi lida em espectrofotômetro (*Biophotometer Eppendorf v.1.35, Eppendorf AG, Hamburg, Alemanha*) com comprimento de onda de 540nm.

Índices hematimétricos

Os índices hematimétricos: VCM (volume corpuscular médio), HCM (hemoglobina corpuscular média) e CHCM (concentração média de hemoglobina corpuscular) foram calculados de acordo com as fórmulas abaixo:

$$\text{VCM} = \text{Ht} \times 10 / \text{He}$$

$$\text{HCM} = \text{Hb} \times 10 / \text{He}$$

CHCM = $\text{Hb} \times 100 / \text{Ht}$, onde Ht é hematócrito, He é número de hemácias, e Hb é quantidade de hemoglobina.

Análise estatística

Todos os dados foram analisados utilizando-se o pacote estatístico GraphPad Prism 6.0 (GraphPad, USA) com testes paramétricos (teste t e de Tukey) e não paramétricos (Kruskal-Wallis) com nível de significância de 95%.

RESULTADOS

A média e desvio padrão dos parâmetros da água se encontram na Tabela 1. Todos se encontram dentro do padrão para a espécie (Gomes et al., 2000)

Tabela 1. Parâmetros da água

	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (ppm)	Nitrito (ppm)	Amônia Total (ppm)	Amônia Tóxica (ppm)
Tanque de adaptação	7,3±0,13	22,8±2,1	8,6±1,2	1,5±1,2	1,1±1,2	0,009±0,007
Tanque 1 (Recirculado)	7,1±0,21	21,9±2,6	5,6 ±1,0	0,66 ±0,6	0,24±0,43	0,002±0,003
Tanque 2 (Recirculado)	7,1±0,21	22,3±3,21	5,5 ±1,3	0,64±0,56	0,16±0,24	0,001±0,002
Tanque 3 (Recirculado)	7,1±0,28	22,1±2,9	5,2 ±1,3	0,72±0,6	0,12±0,17	0,001±0,001
Tanque 4 (Biofloc)	7,5±0,1	23,7±2,7	5,5±1,1	0,2±0,2	0,04±0,01	0,0006±0,001
Tanque 5 (Biofloc)	7,5±0	23,2±2,2	5,9±1,1	0,2±0,2	0,04±0,09	0,0005±0,001
Tanque 6 (Biofloc)	7,5±0	23,2±2,2	5,9±1,1	0,2±0,2	0,04±0,09	0,0005±0,001
Tanque 7 (Aquaponia)	7,0±0,46	24,1±3,10	5,2±1,7	0,2±0,2	0,2±0,2	0,001±0,002
Tanque 8 (Aquaponia)	7,0±0,47	23,2±2,77	5,3±2,0	0,3±0,87	0,1±0,23	0,0008±0,002
Tanque 9 (Aquaponia)	7,2±0,27	23,1±2,59	5,2±1,6	0,2±0,72	0,09±0,17	0,0007±0,001

Média e desvio padrão dos parâmetros da água nos diferentes tanques.

Hemograma

As figuras 4 e 5 mostram os resultados do hemograma dos Jundiás.

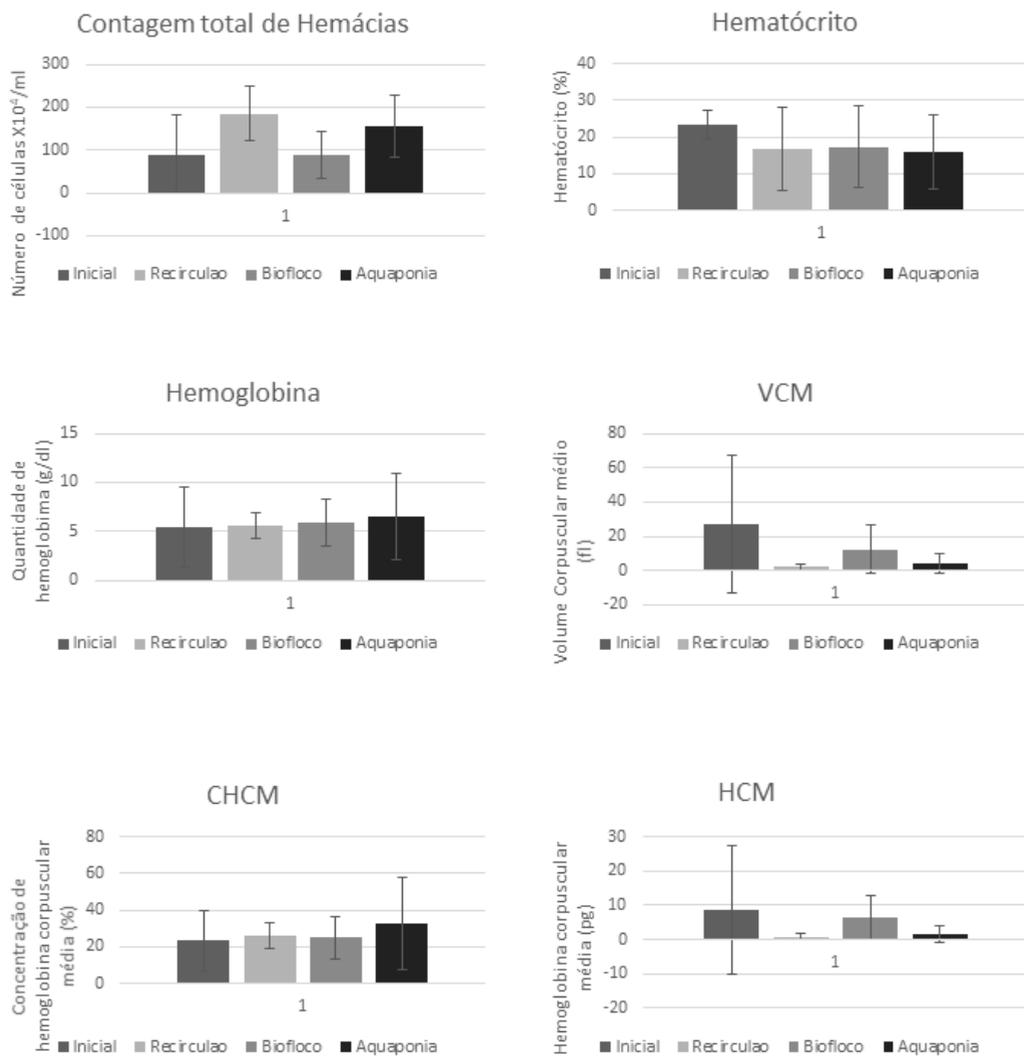


Figura 4. Resultados do eritograma de jundiás *R. quelen* criados em sistemas recirculado, aquaponico e biofoco.

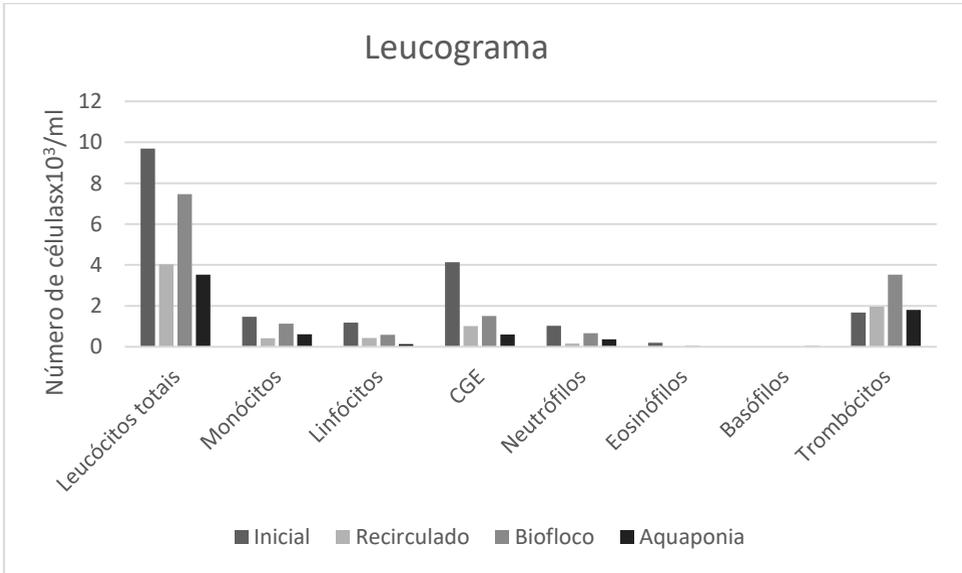


Figura 5. Contagem total e diferencial de leucócitos de jundiás (*R. quelen*) criados em sistemas recirculado, aquaponico e biofoco.

Os grânulos das células granulocíticas especiais (CGE) não são visíveis nas colorações hematológicas usuais, porém, eles podem ser vistos pela coloração de PAS (figura 6). Na figura 7 podemos observar os outros leucócitos de jundiás (*R. quelen*).

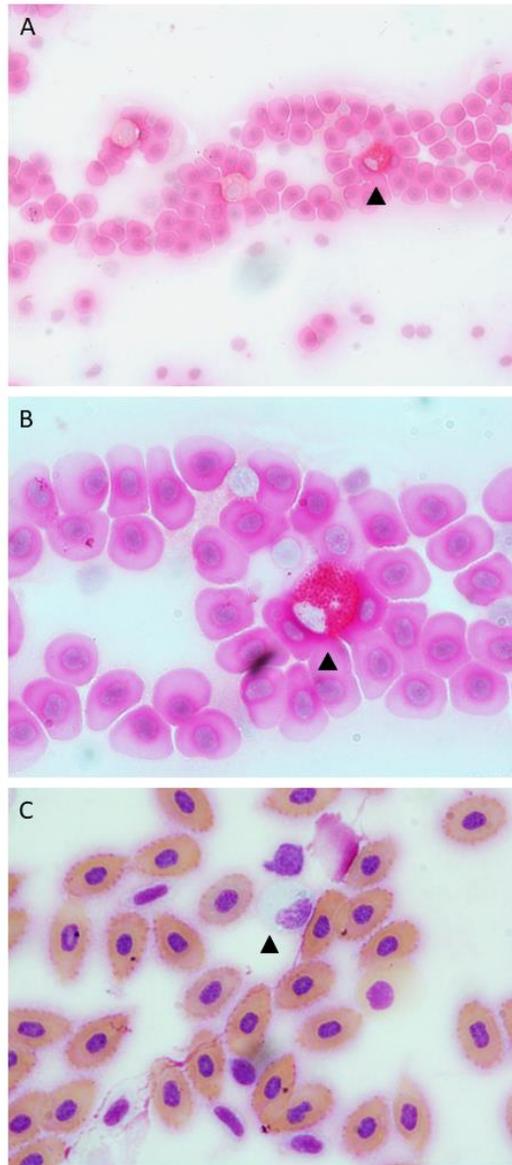


Figura 6. Fotomicrografia de extensões sanguíneas. A (400x) e B (100x) coradas com PAS, destacando os grânulos PAS positivos. C (100x) corada com Rosenfeld, citoplasma pobremente corado. Célula granulocítica especial Cabeça de seta.

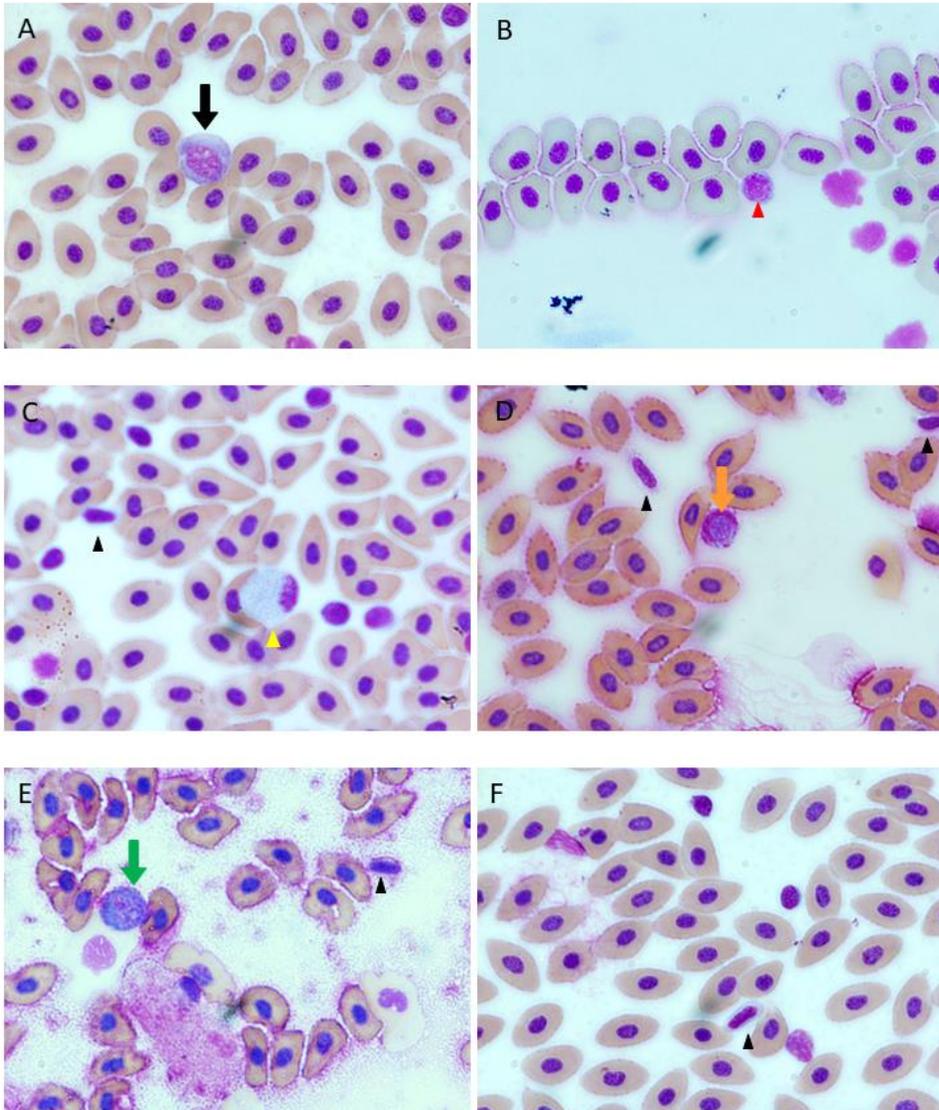


Figura 7. Fotomicrografia de extensões sanguíneas corada com Rosenfeld. Setas pretas(→) monócitos. Cabeças de seta vermelhas (▶) linfócitos. Cabeça de setas amarelas (▶) neutrófilos. D. Setas laranjas(→) eosinófilos. Setas verdes (→) basófilos. Cabeças de setas pretas (▶) trombócitos. Aumento de 1000x

DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística entre os parâmetros hematológicos dos diferentes cultivos. Logo os parâmetros hematológicos não são afetados pelo sistema de cultivo, nos permitindo fazer o monitoramento da saúde dos animais comparando com dados já existentes na literatura.

CONCLUSÕES

Os sistemas de aquaponia e bioflocos não afetam os parâmetros hematológicos dos jundiás, sendo uma boa alternativa para cultivo de Jundiás para fornecimento de peixes saudáveis e inócuos para consumo com menor impacto ambiental

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Ministério da Educação, Governo Brasileiro, código de financiamento 001.

REFERENCIAS

- Avnimelech, Y. (2011). *BIO-FLOCS TECHNOLOGY: Basics and new developments*. World Aquaculture 2011. World Aquaculture Society Natal, Brasil. (Junho, 2011)
<https://www.was.org/WASMeetings/meetings/SessionAbstracts.aspx?Code=WA2011&Session=39>.
- Browdy, C. L., Bratvold, D., Stokes, A. D., & McIntosh, R. P. (2001). Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In C. L. Browdy & D. E. Jory (Eds.), *World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA* (pp. 20–30).
- da Silva, J. R. M. C., Porto-Neto, L. R., Borges, J. C. S., & Jensch, B. E. (2005). Germicide capacity of macrophages in the Antarctic fish *Notothenia coriiceps* (Richardson, 1844) at 0°C. *Polar Biology*, 28(4): 326–328. <https://doi.org/10.1007/s00300-004-0704-3>
- dos Santos, M. J. P. L. (2016). Smart cities and urban areas—Aquaponics as innovative urban agriculture. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20: 402–406. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.004>
- FAO, F. and A. O. of T. U. N., & Guenard, R. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In *INFORM* (Vol. 32, Issue 6). FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- FAO (Food & Agriculture Organisation). (2006). FAO Fisheries Circular No . 1018 USE OF FISHERY RESOURCES AS FEED INPUTS TO AQUACULTURE DEVELOPMENT : TRENDS AND POLICY IMPLICATIONS. *Water Resources*, 1018(1018), 114.

- Mansour, A. T., & Esteban, M. Á. (2017). Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish and Shellfish Immunology*, *64*: 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.025>
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., & Sasal, P. (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture*, *433*: 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>



Efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de insecto en el desempeño biológico de juveniles de *Totoaba macdonaldi*

Effect of fish meal replacement by insect meals on biological performance of juvenile *Totoaba macdonaldi*

Karen Carvajal-Soriano, Juan Pablo Lazo-Corvera*

Instituto Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Carretera Ensenada Tijuana No 3918 Zona Playitas, CP 22860 Ensenada, B C. México

Juan Pablo Lazo Corvera   jplazo@cicese.mx

RESUMEN | La búsqueda de ingredientes alternativos a la harina de pescado (HP) se ha tornado como un tema de gran relevancia, siendo recientemente las harinas de insecto (HI) una alternativa potencial para cubrir los requerimientos proteicos en las dietas de los peces de cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la sustitución a dos niveles de HP por dos tipos de HI como fuente proteica sobre el desempeño biológico, la digestibilidad, el perfil de ácidos grasos (AG) y la actividad enzimática en el cultivo de juveniles de *Totoaba macdonaldi*. Un bioensayo de alimentación se llevó a cabo durante 64 días en un sistema de recirculación, con cinco dietas isotroféicas (48.88±0.15%) e isolipídicas (15.77±0.18%): una con 100% HP (Control), dos con harina de mosca soldado negro (HMSN; M25 y M50) y dos con harina de grillo domestico (HGD; G25 y G50), sustituyendo el 25 y 50% de HP por HI, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en peso final, peso ganado, ni en la tasa de crecimiento específico entre los tratamientos, sin embargo, la tasa de conversión alimenticia y eficiencia proteica se vieron significativamente reducidas en los peces alimentados con la dieta G25. La cantidad de EPA, DHA, PUFAs-n3 y LC-PUFAs totales no difirió significativamente entre tratamientos. No se encontraron diferencias significativas en la actividad de las enzimas digestivas en el intestino de los peces. Con base en los resultados se puede recomendar un remplazo de hasta un 50% de HP por HMSN sin ocasionar un efecto adverso en el crecimiento, la supervivencia, el perfil de ácidos grasos LC-PUFAs, la digestibilidad y la actividad de las enzimas digestivas de *T. macdonaldi*. Por otra parte, se requiere mayor investigación respecto a la inclusión de harina de *Acheta domesticus* en la dieta de *Totoaba* para poder elucidar problemáticas relacionadas principalmente con su digestión.

Palabras clave |

Proteína alternativa,
Harina de insecto,
Totoaba

ABSTRACT | The search for alternative ingredients to fishmeal (FM) has become a topic of great relevance in the industry, where insect meals (IM) are considered a promising alternative. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of two levels of substitution of FM by two types of IM as a protein source in the culture of juveniles of *Totoaba macdonaldi*. A 64 day feeding trial was conducted in a recirculation system to evaluate the effects of partial replacement (i.e., 25% and 50% replacement) of FM by insect meals: black soldier fly (*Hermetia illucens*) and domestic cricket (*Acheta domestica*) labeled M and G, respectively. Five isonitrogenous (48%) and isolipidic (15%) diets were formulated: Control, M25, M50, G25 and G50. At the end of the trial, no significant differences were found in final body weight, percent weight gain, and specific growth rate ($p < 0.05$). Feed conversion ratio and protein efficiency ratio significantly decreased for fish fed the G25 and G50 diets. The amount of EPA, DHA, n-3 PUFAs and total LC-PUFAs did not significantly differ between dietary treatments. Additionally, no significant differences were found in the activity of digestive enzymes in the intestine or pyloric cecum of the fish. In conclusion, the results of the current study demonstrated that up to 50% of *H.illucens* meal, may successfully replace FM in diets for juvenile *Tototaba macdonaldi* without impairing growth, survival, PUFA fatty acid profile, digestibility and the activity of the digestive enzymes. On the other hand, inclusion of *A. domestica* meal may affect the fish productive indices and the digestibility of the diets. More research is warranted to evaluate the effects on the fish digestion, lipid metabolism and amino acid availability to elucidate the observed results.

Keywords |

Fishmeal substitution
Insect meal
Totoaba

INTRODUCCIÓN

Las harinas de insectos (HI) han surgido recientemente como una alternativa económica y nutricionalmente viable para sustituir la harina de pescado (HP). Los artrópodos (insectos y crustáceos) están presentes de manera natural en la dieta de muchos peces, por lo que las HI no representan algo ajeno para estos organismos. Estas harinas tienen un buen equilibrio de aminoácidos esenciales, son ricas en proteína (60-70 % dependiendo de la especie y estadio del ciclo de vida del insecto), minerales y vitaminas, por lo que tienen un perfil nutricional muy similar al de la HP. Además, tienen un alto contenido de energía, grasa y fibra. Todas estas características convierten a la HI en una alternativa a la HP, con gran potencial para la alimentación de peces (Xiaoming et al., 2010; van Huis y De Prins, 2013).

La mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) es uno de los insectos que más se ha estudiado como alternativa a la HP y harinas vegetales (PM), y es el insecto ideal para la producción de harinas, ya que es sencillo de criar, se reproduce muy rápido, tiene una buena tasa de conversión alimenticia y es capaz de crecer en sustratos económicos como los desechos orgánicos, con una mayor eficiencia

ambiental en términos de energía total por unidad de producto comparada con otras alternativas a la HP (Llagostera et al., 2019; Macombe et al., 2019; Maiolo et al., 2021). La harina de grillo (*Acheta domesticus*), también es otro ingrediente prometedor alternativo a la HP, debido a su perfil nutricional, su eficiente conversión alimenticia, y a su composición lipídica (entre 29 y 31% de HUFA), además de que son una buena fuente de vitaminas (Rumpold y Schlüter, 2013; Fernández-Cassi et al., 2019).

La totoaba es un pez carnívoro marino endémico del Golfo de California cuya dieta natural incluye crustáceos, que al igual que los insectos, se incluyen dentro de los artrópodos. Esta especie de la familia Sciaenidae ha sido sobreexplotado debido al alto valor de su vejiga natatoria en el mercado asiático, y actualmente se encuentra en la lista de especies amenazadas y protegidas por la Convención Internacional del Tráfico de Especies Silvestres de Flora y Fauna en Peligro (Findley, 2010; Minjarez-Osorio et al., 2014; CITES, 2016). Este trabajo pretende evaluar el efecto de la sustitución progresiva de HP por HI como fuente proteica en el cultivo de juveniles de *Totoaba macdonaldi*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bioensayo de alimentación

Se llevó a cabo un bioensayo de alimentación durante 64 días en un sistema de recirculación reemplazando parcialmente (25 y 50%) la harina de pescado en la dieta por harina de mosca soldado negro (*H. illucens*; M) o harina de grillo domestico (*A. domesticus*; G). Se formularon cinco dietas isoprotéicas ($48.88 \pm 0.15\%$) e isolipídicas ($15.77 \pm 0.18\%$): Control, M25, M50, G25 y G50. Las dietas se administraron a grupos por triplicado de juveniles de *T. macdonaldi* ($112 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$) tres veces al día a hasta saciedad aparente.

Procedimiento de muestreo

El crecimiento y el cálculo de los índices (PG, TCE, TCA, TEP, entre otros) se determinó a través de biometrías intermedias realizadas cada 15 días. Para los análisis de laboratorio, se tomaron muestras de tres organismos de la población inicial al comienzo del experimento y de dos peces por tanque al finalizar. Las totoabas fueron sacrificados utilizando una sobredosis ($200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) de metanosulfonato de tricaina (MS-222) y las muestras se almacenaron a -20°C hasta su posterior análisis. Las muestras de heces fueron tomadas 45 minutos después de la alimentación de las 11:00 durante cuatro días, finalizando la cuarta semana del ensayo, y se almacenaron a -4°C hasta su análisis.

Análisis proximal

Los análisis de composición proximal se realizaron para las dietas y músculos de los peces de la siguiente manera: proteína cruda utilizando el método micro-Kjeldahl, lípidos totales mediante el

método de Soxhlet, el contenido de humedad se realizó secando 2 g de cada muestra a 50°C hasta obtener un peso constante, y posteriormente se determinaron las cenizas incinerando estas muestras a 550 °C durante 24 h.

Actividad enzimática

Los intestinos y ciegos pilóricos de los peces se descongelaron, pesaron y colocaron en tubos falcón de 50 mL. Posteriormente se homogeneizaron con un molidor de tejidos (POLYTRON®_PT-1200, Kinematica AG, Switzerland) en 10 mL de agua destilada a 4 °C, y se centrifugaron a 16000 g durante 30 minutos a 4 °C y el sobrenadante se almacenó a -80 °C. La actividad de la tripsina en el intestino de los peces se cuantificó mediante el método propuesto por Erlanger *et al.* (1961), la de la lipasa se cuantificó mediante la metodología de Gjellesvik *et al.* (1992), y la de la amilasa se cuantificó mediante el método de Worthington Biochemical Corporation (1993). El cálculo de la actividad de cada enzima se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Actividad enzimática (U órgano}^{-1}\text{)} = \frac{(\Delta\text{Abs}/T)(V_{rxn})(V_t)}{(CE)(V_m)PO}$$

Donde ΔAbs = incremento en absorbancia; T = tiempo de incubación de la reacción (min); V_{rxn} = volumen total de la reacción (mL); V_t = volumen total del extracto enzimático (mL); CE = coeficiente de extinción=1; V_m = volumen de muestra utilizada en la reacción (mL); PO = peso del órgano (g).

Perfil de ácidos grasos

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó para las dietas y el músculo de los peces. Este proceso se dividió en cuatro fases: extracción, saponificación, metilación y cromatografía. La extracción se realizó mediante una modificación del método propuesto por Folch *et al.* (1957), utilizando diclorometano: metanol (2:1) como solución extractora. La saponificación y metilación fueron hechas mediante el método descrito por Metcalfe y Schmitz (1961), con una solución de KOH. (0.3N) y trifluoruro de boro disuelto en metanol respectivamente. Finalmente se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent 7890A GC System con una columna Agilent JyW GC de 30 metros de longitud a un flujo de 3 mL*min⁻¹ para determinar el tipo y la cantidad de ácidos grasos presentes en las muestras.

Todos los datos fueron analizados mediante ANOVA de una vía o Kruskal Wallis, según fue el caso.

RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas en peso final, peso ganado, ni en la tasa de crecimiento específico entre los tratamientos, sin embargo, la tasa de conversión alimenticia y

eficiencia proteica se vieron significativamente reducidas en los peces alimentados con la dieta G25 (Figura 1).

Por otra parte, la supervivencia osciló entre 66.67 ± 38 % y 95.83 ± 7.22 %, sin diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1). La muerte de los peces que se registró durante el experimento fue ocasionada por saltos incidentales fuera del tanque.

Tabla 1. Rendimiento en crecimiento y eficiencia alimenticia de juveniles de *Totoaba macdonaldi* alimentados con dos niveles de sustitución (25 y 50%) de harina de pescado por harina de insecto *Hermetia illucens* (M25 y M50) y *Acheta domesticus* (G25 y G50).

	Control	G25	G50	M25	M50	p-valor
PI (gr)	112.3±5.6	111.4±0.2	112.5±7.4	108.3±2.8	114.7±4.8	0.44
PF (gr)	269.4±23.6	211.9±36.4	236.2±20.2	269.1±16.4	267.8±37.8	0.11
PG (%)	140.5±28.6	90.2±32.6	109.8±4.4	148.4±15.6	134.5±41.8	0.14
TCE	1.4±0.2	1.0±0.3	1.2±0.03	1.4±0.1	1.3±0.3	0.13
CCT	1.1±0.2	0.7±0.2	0.9±0.05	1.1±0.1	1.0±0.3	0.12
S (%)	66.7±38.2	91.1±7.8	91.7±7.2	95.8±7.2	91.7±0.3	0.36
AC	162.8±0.4	152.8±0.2	186.7±0.3	185.4±0.1	176.9±0.1	0.01
TCA	1.2±0.1 ^{ab}	1.6±0.3 ^a	1.4±0.1 ^{ab}	1.1±0.1 ^b	1.2±0.2 ^{ab}	0.03
TEP	1.8±0.1 ^{ab}	1.3±0.2 ^a	1.5±0.1 ^{ab}	1.8±0.1 ^b	1.7±0.2 ^{ab}	0.02
CDA (%)	82.4±0.4 ^a	76.4±2.3 ^{ab}	71.7±2.6 ^b	79.1±0.6 ^a	78.4±4.0 ^{ab}	0.01

PI, Peso inicial; PF, Peso final; PG, Peso ganado, TCE; Tasa de crecimiento específica; CCT, Coeficiente térmico de crecimiento; Supervivencia, S; AC, Alimento consumido; TCA, Tasa de conversión alimenticia; TEP, Tasa de eficiencia proteica; CDA, Coeficiente de digestibilidad aparente.

Respecto a la composición proximal del musculo de las totoabas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El porcentaje de proteína en el músculo osciló entre el 69.1 y 72.7%, el de lípidos entre 19.2 y 21.5%, cenizas entre 4.84 y 5.32%, y humedad entre 75.50 y 76.20%.

El coeficiente de digestibilidad (CDA), para G50 (71.7 ± 2.6 %) fue significativamente menor que para el control (82.4 ± 0.4 %). La digestibilidad de la dieta G50 (71.7 ± 2.6 %) fue significativamente menor respecto al control (82.4 ± 0.4 %) y al tratamiento de M25 (79.1 ± 0.6 %; p , 0.01)

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la actividad de ninguna de las tres enzimas en el intestino. No obstante, se observó menor actividad de la tripsina en el intestino de los juveniles de *Totoaba* alimentados con los mayores niveles de inclusión de harina de insecto, (G50: 10.2 ± 5.4 U organo⁻¹ y M50 10.8 ± 4.6 U organo⁻¹). En cuanto a la amilasa, la actividad de esta enzima fue mayor en las dietas de mayor inclusión de HI (G50: 56.6 ± 49.3 U organo⁻¹ y M50: 40.5 ± 17.5 U organo⁻¹). La lipasa mostro una mayor actividad en los peces alimentados con inclusión de harina de grillo domestico (G25: 11.3 ± 1.1 U organo⁻¹ y G50: 12.2 ± 1.3 U organo⁻¹)

El total de PUFAs-n6 en el musculo fue mayor en los peces alimentados con inclusión de HI, mientras que la cantidad de EPA, DHA, PUFAs n3 y LC-PUFAs totales no difirió significativamente entre tratamientos.

DISCUSIÓN

El buen desempeño en el crecimiento de los peces cuando son alimentados con inclusión de HMSN en sus dietas, similar al observado en otras especies de peces de agua dulce y marinas, se atribuye en parte a que el perfil de AA de esta harina es similar a la HP, y por lo tanto cubre los requerimientos de los peces, inclusive de los marinos carnívoros (Magalhaes et al., 2017; Guerreiro et al. 2020). Los resultados de la presente investigación muestran que un porcentaje de sustitución de HP por HMSN en dietas para *Totoaba* hasta del 50% no produce efectos adversos en el crecimiento. Estos resultados positivos sirven de base para proponer el estudio de niveles mayores de sustitución de HP por HMSN.

Respecto a la harina de *Acheta domesticus*, los estudios que han evaluado su utilización como sustituto de HP en la dieta de peces son muy limitados, generalmente mezclando este ingrediente con harina de *Zophobas morio*. Por ejemplo, Tilami et al. (2020) encontró que un remplazo del 25% de la HP por una mezcla de harinas de *A. domesticus* y *Z. morio* en una proporción 1:1, en dietas para juveniles de la *Perca fluviatilis* generaron una disminución en PF y PG. No obstante, se han logrado remplazos hasta del 60% de HP por harina de otras especies de ortopteros sin ver afectado el crecimiento de los peces (Taufek et al. 2018; Jeong et al. 2021).

En relación con los índices productivos (TCA y TEP), en general, los peces alimentados con las dietas adicionadas con HMSN y con la dieta control tuvieron un mejor aprovechamiento del alimento (i.e., menores valores de la TCA y mayores de la TCE) que los alimentados con las dietas que incluían HGD. Los valores de TCA y TEP encontrados en el presente estudio, para los peces alimentados con la dieta control y las de inclusión de HMSN, son similares a los reportados previamente para juveniles de *Totoaba macdonaldi* alimentados con dietas bien balanceadas nutricionalmente, lo que indica un buen desempeño de las dietas con HMSN, aun con el 50% de remplazo de HP (Madrid et al., 2019).

Es posible que en el presente estudio los valores de las TCA y TEP de los peces alimentados con las dietas elaboradas con harina de grillo, se deba en parte al exceso de quitina, que pueden causar un menor consumo de alimento, lo que resulto en un menor crecimiento (Kroeckel et al., 2012; Caimi et al., 2020; Tilami et al., 2020), y también una afectación en los índices productivos como TCA y TCE (Alegbeleye et al., 2012; Taufek et al., 2016b).

La inclusión de HI produjo una reducción en la digestibilidad de la dieta a medida que aumentó el nivel de inclusión. Esto resultados concuerdan con estudios previos donde se evaluó la sustitución de HP por HI (Taufek et al., 2016b; Renna et al., 2017; Basto et al., 2020; Caimi et al., 2020; Guerreiro et al., 2021; Agbohessou et al., 2021). No obstante, los CDA para las dietas con harina de mosca (M25: 79.1 y M50: 78.4%) fueron similares a los de la dieta control (80.4%), mientras que

los peces alimentados con dietas con inclusión de HGD mostraron menores porcentajes (G50, 71.7%) con respecto al control.

Analizando la composición nutrimental de las HI, es evidente que al incrementar su contenido en las dietas también se incrementa el contenido de quitina y disminuye el CDA. En este sentido también se observa una menor eficiencia alimenticia (mayor TCA) y una menor eficiencia proteica (TEP reducido), que se relacionan con un CDA reducido. La hipótesis de que la quitina sea la responsable del efecto adverso en estas variables también se respalda por el hecho de que las dietas elaboradas con HGD son las de mayor contenido de fibra, que se relaciona directamente con la cantidad de quitina en la dieta. Cabe subrayar que la diferencia en el contenido de quitina de la HMSN y la HGD se puede relacionar con el estadio del insecto que se utilizó para su elaboración. En el caso de la HMSN, según el proveedor, se elaboró a partir de larvas de insecto, mientras que para la HGD se utilizaron grillos adultos (Sánchez-Muros et al., 2013; Barroso et al., 2014).

La inclusión de HI en las dietas no tuvo ningún efecto negativo en las enzimas digestivas en la totoaba, ya que no se encontraron diferencias en la actividad de la tripsina, amilasa y lipasa en el intestino y ciegos pilóricos de las totoabas alimentadas con la dieta control y las dietas que contenían HI. El aumento de la producción de tripsina se ha relacionado con una baja digestibilidad de las proteínas (Becker y Yu, 2013; Agbohessou et al., 2021), por lo que en el presente estudio era razonable esperar un aumento de la actividad de esta enzima proteolítica en los peces alimentados con dietas con inclusión de HI, en especial con HGD, dados los menores valores de CDA, sin embargo, esto no fue así. Es probable que alguna otra proteasa u otra clase de enzima digestiva haya sido afectada por las dietas, pero no se cuantificaron en el presente estudio, por lo que sería interesante evaluar otras enzimas digestivas de la totoaba en futuros estudios con harinas de insecto.

Las dietas tuvieron un efecto importante en el perfil de ácidos grasos del músculo de los peces. La cantidad de ácido oleico (18:1n 9) y linoleico (18:2n 6) fue significativamente mayor con las dietas de harina de insecto que con la dieta control, lo que se vio directamente reflejado en el músculo de la totoaba, sobre todo para el 18:2n 6. Esto es consistente con el hecho de que el perfil de AG del músculo de los peces generalmente refleja el contenido de AG de la dieta suministrada (Turchini *et al.*, 2009; Renna *et al.*, 2017).

Respecto a la cantidad total de PUFAS n6, como se esperaba con base en la literatura, fue mayor en las dietas con HI, en especial con las de HMSN. El menor contenido de PUFAS n6 en la dieta control se vio reflejado en una menor cantidad de estos AG (en particular del C18:2 n6) en el músculo de las totoabas del grupo control, un resultado que es consistente con estudios anteriores (Lock et al., 2016; Devic et al., 2018; Caimi et al., 2020; Guerreiro et al., 2020; Tilami et al., 2020).

Aunque la cantidad de EPA, DHA y PUFAS n3 y LC-PUFAS fue mayor en la dieta control, no se evidenció una diferencia significativa en la cantidad de estos AG en el músculo de los peces, e incluso se vieron ligeramente aumentados en las totoabas alimentadas con las dietas que incluían HI. Estos resultados concuerdan con los reportado por Lock et al. (2016) para el salmón, alimentado con dietas con un 25% de remplazo de HP por HMSN. De manera similar, Caimi et al. (2020) alimentaron al *A. baerii* con dietas en la que se remplazó el 25 y 50% de HP por HMSN, y observaron

un incremento en la cantidad de EPA, DHA, y PUFAS n3 respecto a la dieta control con 100% HP. A pesar de las diferencias en la composición lipídica entre dietas con diferentes niveles de inclusión de HI, no se observaron diferencias en la cantidad de EPA, DHA, PUFAs n3 y LC-PUFAs totales en el músculo entre tratamientos. Lo anterior resalta la importancia por parte de los peces, en especial los marinos, de conservar niveles adecuados de estos PUFAs a partir de fuentes dietéticas dada la relevancia biológica de estos AG en su desarrollo (Lazo et al., 2020).

El éxito de un ingrediente alternativo a la HP no se basa únicamente en que pueda mantener el crecimiento de los peces, sino también la calidad deseada en términos de AG en el filete para el consumo humano, ya que de esto dependerá su calidad nutrimental y por ende su aceptación y precio en el mercado (St-Hilaire et al. 2007a; Amberg y Hall, 2008; Caimi et al., 2020). Los estudios enfocados al uso de las harinas de insectos como ingredientes alternativos a la HP aumentan cada vez más, y se evalúan nuevas especies de insectos con potencial. Poco a poco se han identificado y abordado los inconvenientes que presentan estas harinas y se puede concluir que la mayor parte del éxito de estas harinas radica principalmente en su calidad, que depende del sustrato alimenticio para la cría de los insectos que se van a utilizar como materia prima, así como de otros factores relacionados con su procesamiento, por lo que es importante que las empresas que producen comercialmente harinas de insectos busquen una estandarización de sus productos en el mercado.

CONCLUSIONES

El crecimiento en peso de *Totoaba macdonaldi* no se vio significativamente afectado por la inclusión de HI de ninguna de las dos especies en la dieta.

A pesar de que las dietas con harinas de insecto mostraron un perfil con menor cantidad de PUFAS n-3, DHA, EPA y LC-PUFAS, no se encontraron reducciones significativas en el contenido de estos lípidos en el músculo de la totoaba, evidenciando la importancia de mantener niveles fisiológicos adecuados de estos AG por parte de los peces.

La actividad de las enzimas digestivas en el intestino de los peces alimentados con las distintas dietas no vio afectada significativamente

Con base en los resultados del presente estudio se puede recomendar un remplazo de hasta un 50% de HP por harina de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) sin inducir un efecto negativo en el crecimiento, la supervivencia, el perfil de ácidos grasos LC-PUFAs, la digestibilidad y la actividad de las enzimas digestivas de *Tototaba macdonaldi*.

La inclusión de harina de *Acheta domesticus* en la dieta, afectó los índices productivos (TCA y TEP) y la digestibilidad de las dietas, posiblemente por un mayor contenido de quitina en estas dietas, por lo que se requiere continuar la evaluación sus efectos en la digestión y el perfil y disponibilidad de los aminoácidos para poder elucidar estas problemáticas.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y al Departamento de Acuicultura, por darme la oportunidad de ingresar al posgrado. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la ayuda económica para cubrir mi manutención durante el desarrollo de mi trabajo.

REFERENCIAS

- Amberg, S.M., Hall, T.E. (2008). Communicating risks and benefits of aquaculture: a content analysis of US newsprint representations of farmed salmon. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(2), 143-157.
- Agbohessou, P.S., Mandiki, S.N., Gougbedji, A., Megido, R.C., Hossain, M.S., De Jaeger, P., Kestemont, P. (2021). Total replacement of fish meal by enriched-fatty acid *Hermetia illucens* meal did not substantially affect growth parameters or innate immune status and improved whole body biochemical quality of Nile tilapia juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 27(3), 880-896.
- Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O.O., Otubu, K., Jimoh, W. (2012). Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 43(3), 412-420.
- Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422, 193-201.
- Basto, A., Matos, E., Valente, L. M. (2020). Nutritional value of different insect larvae meals as protein sources for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 521, 735085.
- Becker, P.M., Yu, P. (2013). What makes protein indigestible from tissue-related, cellular, and molecular aspects? *Molecular Nutrition and Food Research* 57: 1695–1707.
- Caimi, C., Renna, M., Lussiana, C., Bonaldo, A., Gariglio, M., Meneguz, M., Dabbou, S., Schiavone, A., Gai, F., Elia, A.C., Prearo, M., Gasco, L. (2020). First insights on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal dietary administration in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. *Aquaculture*, 515, 734539.
- CITES (Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres). 2016. Totoaba (*Totoaba macdonaldi*) –oportunidades de colaboración internacional en el marco de la CITES. Ginebra, Suiza. SC66 Doc. 58. 3 p.
- Devic, E., Leschen, W., Murray, F., Little, D.C. (2018). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquaculture nutrition*, 24(1), 416-423.
- Guerreiro, I., Castro, C., Antunes, B., Coutinho, F., Rangel, F., Couto, A., Gasco, L. (2020). Catching black soldier fly for meagre: Growth, whole-body fatty acid profile and metabolic responses. *Aquaculture*, 516, 734613.
- Guerreiro, I., Serra, C.R., Coutinho, F., Couto, A., Castro, C., Rangel, F., Peres, H., Pousão-Ferreira, P., Matos, E., Gasco, L., Gai, F., Oliva-Teles, A., Enes, P. (2021). Digestive enzyme activity and nutrient digestibility in meagre (*Argyrosomus regius*) fed increasing levels of black soldier fly meal (*Hermetia illucens*). *Aquaculture Nutrition*, 27(1), 142-152.

- Fernández-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S., Vagsholm, I. (2019). The house cricket (*Acheta domestica*) as a novel food: a risk profile. *J. Insects as Food and Feed* 5 (2): 137–1.
- Findley, L. (2010). *Totoaba macdonaldi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T22003A9346099. [en línea]. 01 de agosto de 2020: (<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T22003A9346099.en>)
- Jeong, S. M., Khosravi, S., Mauliasari, I. R., Lee, B. J., You, S. G., Lee, S. M. (2021). Nutritional evaluation of cricket, *Gryllus bimaculatus*, meal as fish meal substitute for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*.
- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364-365, 345-352.
- Lazo, J. P., Fuentes-Quesada, J. P., Villareal-Rodarte, G., Viana, M. T., Baron-Sevilla, B. 2020. The effect of dietary n-3 LC-PUFA levels on growth, survival, and feed utilization in juvenile *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture*, 525, 735350.
- Llagostera, P.F., Kallas, Z., Reig, L., De Gea, D.A. (2019). The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *Journal of Cleaner Production*, 229, 10-21
- Lock, E.R., Arsiwalla, T., Waagbø, R. (2016). Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 22(6), 1202-1213.
- Macombe, C., Le Feon, S., Aubin, J., Maillard, F. (2019). Marketing and social effects of industrial scale insect value chains in Europe: case of mealworm for feed in France. *J. Insects as Food Feed* 1, 1-10.
- Madrid, J., Pohlenz, C., Viana, M. T., Lazo, J. P. 2019. Dietary lysine requirement for juvenile, *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture*, 500, 92-98.
- Magalhaes, R., Sanchez-Lopez, A., Leal, R.S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., Peres, H. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 476, 79-85.
- Maiolo, S., Cristiano, S., Gonella, F., Pastres, R. (2021). Ecological sustainability of aquafeed: An emery assessment of novel or underexploited ingredients. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126-266.
- Minjarez-Osorio, M.C., González, M.L., Perez-Velazquez, M.P. (2014). Totoaba: Endangered fish species has aquaculture potential in México. *Global aquaculture advocate*. pp. 44-46.
- Renna, M., Biasato, I., Brugiapaglia, A., Gai, F., De Marco, M., Schiavone, A., Malfatto, V., Zoccarato, I., Gasco, L., Biasibetti, E., Lussiana, C., Prearo, M., Capucchio, M.T., Dabbou, S. (2017). Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 8.
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 57, 802–823.
- Sánchez-Muros, M.J., Villacreces, S., Miranda-de la Lama, G., de Haro, C., García-Barroso, F. (2013). Effects of chemical and handling exposure on fatty acids, oxidative stress and

- morphological welfare indicators in gilt-head sea bream (*Sparus aurata*). Fish physiology and biochemistry, 39(3), 581-591.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Sealey, W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the world aquaculture society, 38(1), 59-67.
- Taufek, N. M., Muin, H., Raji, A. A., Razak, S. A., Yusof, H. M., Alias, Z. (2016). Apparent digestibility coefficients and amino acid availability of cricket meal, *Gryllus bimaculatus*, and fishmeal in African catfish, *Clarias gariepinus*, diet. Journal of the World Aquaculture Society, 47(6), 798-805.
- Taufek, N. M., Muin, H., Raji, A. A., Md Yusof, H., Alias, Z., Razak, S. A. (2018). Potential of field crickets meal (*Gryllus bimaculatus*) in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). Journal of Applied Animal Research, 46(1), 541-546.
- Tilami, S. K., Turek, J., Červený, D., Lepič, P., Kozák, P., Burkina, V., Sakalli, S., Tomčala, A., Sampels, S., Mráz, J. (2020). Insect meal as a partial replacement for fish meal in a formulated diet for perch (*Perca fluviatilis*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 20(12), 867-878.
- Turchini, G.M., Torstensen, W.K. Ng. (2009). Fish oil replacement in fish nutrition. Reviews in Aquaculture 1:10–57.
- van Huis, A., De Prins, J. (2013). Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. FAO 02. pp:47-48.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, C. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. Forest insects as food: humans bite back. 85.



¿Son los insectos una buena fuente de proteínas? Efecto sobre el crecimiento y metabolismo energético de *Dicentrarchus labrax*

Are insects a good source of protein? Effect on growth and
metabolism energetic of *Dicentrarchus labrax*

Miguel Torres^{1-2*}, J. Antonio Martos-Sitcha²,
Anyell Caderno², Rosa Alcaraz³,
M^a Dolores Hernández³

¹ Universitat Politècnica de València (UPV), Valencia, España.

² Universidad de Cádiz (UCA), Cádiz, España.

³ Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario
y Medioambiental (IMIDA), Murcia, España.

Miguel Torres   mitorrod@upv.edu.es / miguel.torres@uca.es

RESUMEN | En un contexto de rápida expansión de la acuicultura, la búsqueda de dietas más sostenibles adquiere especial relevancia. Así, el uso de harinas de insectos (IM) como fuente de proteínas alternativa a las actuales harinas de pescado (FM) para el diseño de dietas comerciales está ganando protagonismo. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar los efectos sobre el metabolismo intermediario y el bienestar animal asociado de la inclusión de harinas de insectos, previamente alimentados con diferentes subproductos industriales, durante el ciclo de engorde de la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Los resultados de este trabajo no solo resaltan la idoneidad del uso de IM como fuente de proteínas alternativa al FM, sino que destacan la sostenibilidad de su empleo gracias al elevado poder de bioconversión de subproductos industriales en una fuente de nutrientes fácilmente asimilables, favoreciendo la economía circular y el óptimo estado de los peces cultivados.

ABSTRACT | In a context of quick expansion of aquaculture, the search for more sustainable diets acquires special relevance. Thus, the use of insect meals (IM) as an alternative protein source to current fish meals (FM) for the design of commercial diets is gaining prominence. The aim of this work has been to evaluate the effects on intermediary metabolism and associated animal welfare of the inclusion of insect meals, previously fed with different industrial by-products, during the fattening cycle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). The results of this work not only highlight the suitability of the use of IM as an alternative protein source to FM, but also the sustainability of its use thanks to the high power of bioconversion of industrial by-products into a source of easily assimilable nutrients favouring the circular economy and the optimal state of farmed fish.

Palabras clave |

nutrición,
insectos,
metabolismo,
crecimiento,
Dicentrarchus labrax.

Keywords |

nutrition,
insects,
metabolism,
growth,
Dicentrarchus labrax.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la acuicultura marina está experimentando un fuerte crecimiento. Esta expansión lleva asociada un importante control de la sostenibilidad de los procesos de producción. En este contexto, dada su importancia económica y ambiental, la formulación de dietas más sostenibles, independientes de insumos marinos procedentes de la pesca extractiva, es uno de los puntos clave para conseguir una acuicultura 4S (Sana, Segura, Sostenible y Socialmente valorada).

En tal sentido, dado su interesante perfil proteico, bajo impacto ambiental y poder de bioconversión de subproductos industriales en nutrientes de alta calidad (Glencross *et al.*, 2021), el uso de harinas de insectos (en inglés: Insect Meal; IM) como fuente proteica sucedánea a las harinas de pescado (en inglés: Fish Meal; FM) en el diseño de dietas comerciales está adquiriendo protagonismo, posicionándose como una alternativa viable a medio-largo plazo (Llagostera *et al.*, 2019). No obstante, desde el punto de vista biológico, existen aspectos relacionados con la nutrición de los insectos utilizados como materia prima en la fabricación de harinas y el metabolismo energético de los peces alimentados con estos nuevos ingredientes cuyo estudio resulta clave para la óptima implantación de estas dietas incipientes en el sector acuícola.

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar los efectos sobre el metabolismo intermediario, así como el bienestar asociado, de la inclusión de harinas de insectos, previamente alimentados con diferentes sustratos, durante el ciclo de engorde de la lubina (*Dicentrarchus labrax*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos y condiciones de cultivo

Un total de 440 lubinas con un peso inicial de $136 \pm 9,2$ g fueron distribuidas en cuatro tanques de 850 L (38 ‰ de salinidad, 19-20 °C, 12L:12D). Se formularon cuatro dietas: i) control con harina de pescado (100% FM); y tres dietas experimentales con una sustitución parcial de FM (50% FM-50% IM) por harina desgrasada de larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) alimentadas con diferentes sustratos, concretamente con ii) bagazo; iii) hortalizas (vegetal); y iv) lactosuero. Los peces fueron alimentados diariamente durante cuatro meses hasta la aparente saciedad visual. Al término del ensayo, se realizó un muestreo final, previo ayuno de 24 h, en el que 8 ejemplares de cada una de las dietas evaluadas, previa anestesia con 2-fenoxietanol (1mL/L agua de mar), se pesaron y midieron de forma individual. A continuación, se les extrajo muestras de sangre, músculo e hígado para su posterior análisis en el laboratorio mediante el uso de kits colorimétricos (Abs) comerciales.

Los parámetros metabólicos analizados en cada una de las muestras incluyeron: i) plasma: glucosa, lactato, colesterol, triglicéridos y proteínas; ii) hígado: glucosa, lactato, triglicéridos y glucógeno; iii) músculo: lactato, glucosa y triglicéridos.

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente a partir de un análisis de varianza de una vía (one-way ANOVA), y posterior Tukey's Test (p -valor $< 0,05$) empleando el Software GraphPad Prism 8.

RESULTADOS

Crecimiento y parámetros biométricos

El análisis de los resultados denota la ausencia de diferencias significativas entre los diferentes grupos experimentales para los parámetros de crecimiento estudiados, es decir, peso, talla final e índice de Fulton (K) (Tabla 1). Además, de manera similar, no se observan diferencias significativas entre grupos experimentales para los valores referentes a los índices hepatosomático (HSI) y mesentérico (MSI). No obstante, en el caso del índice viscerosomático (VSI), si se observan diferencias significativas entre los grupos Control y Bagazo, mostrando este último unos valores mayores (Tabla 1).

Tabla 1. Peso (g), Talla (cm), Índice de Fulton (K), Índice Hepatosomático (HSI), Índice Mesentérico (MSI), Índice Viscerosomático (VSI) de ejemplares de lubina alimentados con una dieta control (FM), y tres dietas experimentales: harina de insectos (IM) previamente alimentados con bagazo, vegetales y lactosuero, respectivamente. Se muestran los valores medios y desviación estándar ($n=8$ peces) por grupo experimental. Diferentes letras (a, b) denotan diferencias significativas (ANOVA y prueba Tukey HSD, $P \leq 0.05$) entre grupos experimentales.

	Peso final (g)	Talla final (cm)	Fulton's (K)	HSI	MSI	VSI
Control	276,6±26,5	26,2±0,8	1,53±0,1	2,01±0,2	6,11±1,4	2,29 ^a ±0,3
Bagazo	275,7±18,3	26,2±1,0	1,53±0,1	1,80±0,4	5,98±1,8	2,89 ^b ±0,4
Vegetal	284,2±15,0	26,7±1,0	1,50±0,1	1,79±0,4	5,57±1,5	2,59 ^{ab} ±0,3
Lácteo	265,6±12,4	26,3±0,6	1,47±0,1	1,89±0,4	5,32±1,9	2,45 ^{ab} ±0,4

Metabolitos analizados en sangre y tejidos

Los resultados referentes a los diferentes parámetros metabólicos cuantificados en el plasma y los tejidos, hígado y músculo, de los ejemplares muestreados para cada uno de los grupos experimentales se observan en la Figuras 1 y 2, respectivamente.

Los análisis de los resultados procedentes de las muestras de plasma sanguíneo correspondientes a los diferentes grupos experimentales no revelaron diferencias significativas en los niveles de ninguno de los metabolitos analizados, glucosa, lactato, triglicéridos, colesterol y proteínas. (Figura 1).

En el hígado, no se observa ningún efecto de la dieta sobre el contenido de glucosa, triglicéridos y glucógeno. Sin embargo, se aprecian diferencias para el lactato, mostrando una disminución en sus niveles de almacenamiento en los peces alimentados con la dieta Lácteo en comparación con los peces alimentados con la dieta Control, mientras que los animales alimentados con las dietas Bagazo y Vegetal muestran valores intermedios (Figura 2A).

En el músculo, no se observan diferencias para los valores de lactato y triglicéridos en función de la dieta. No obstante, si se observa un efecto dietario en los niveles de glucosa, de manera que los peces alimentados con la dieta Bagazo muestran unos valores significativamente inferiores a los mostrados por aquellos alimentados con la dieta Vegetal (Figura 2B).

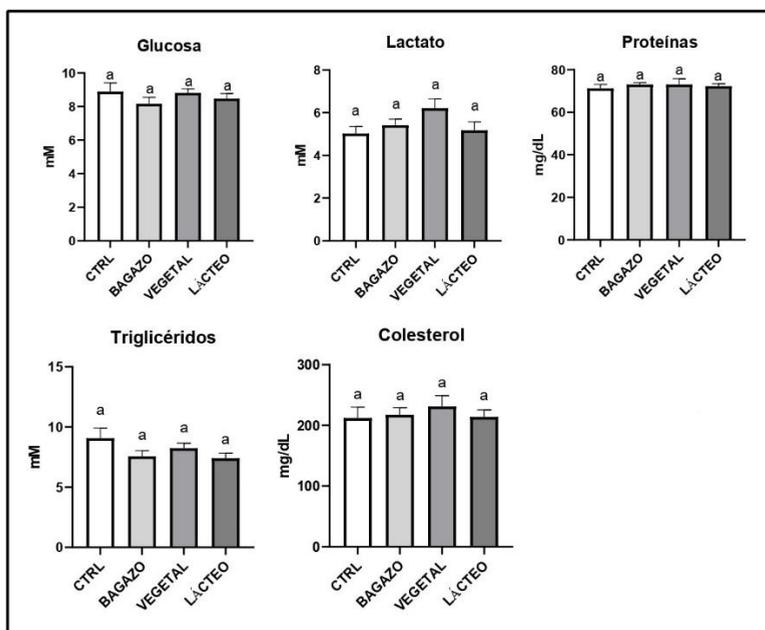


Figura 1. Metabolitos cuantificados en plasma de ejemplares de lubina alimentados con una dieta control (FM), y tres dietas experimentales: harina de insectos (IM) previamente alimentados con bagazo, vegetales y lactosuero, respectivamente. Las barras muestran los valores medios y desviación estándar (n=8 peces) por grupo experimental. Diferentes letras (a, b) denotan diferencias significativas (ANOVA y prueba Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

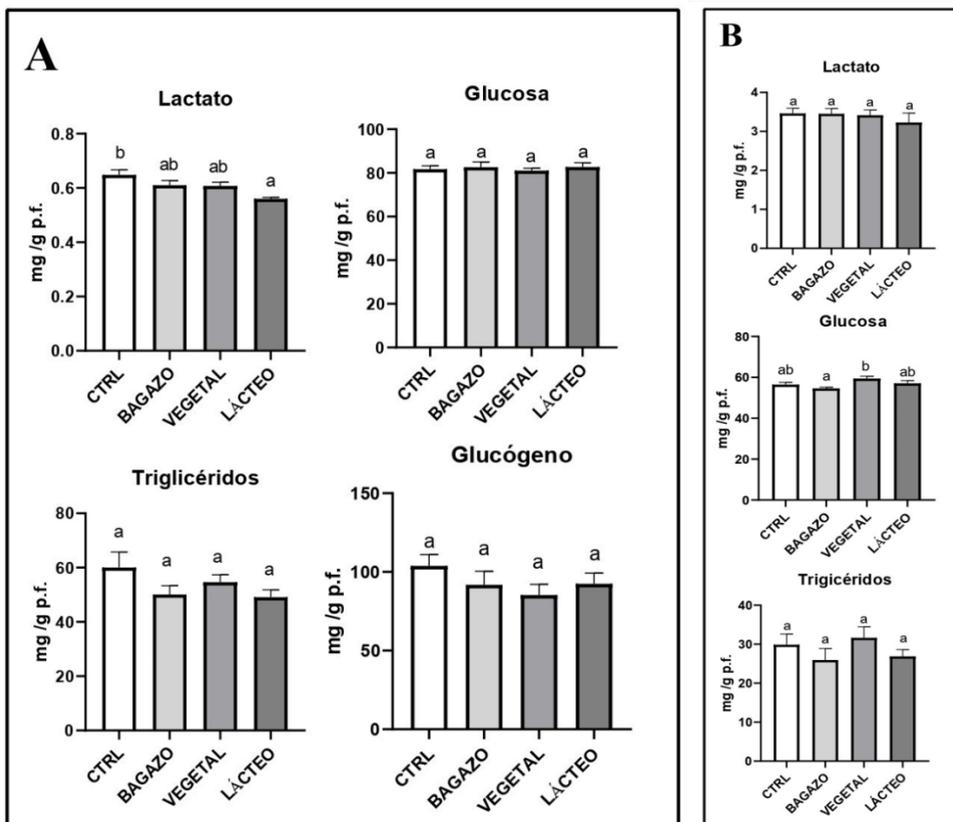


Figura 2. Metabolitos cuantificados en hígado (A) y músculo (B) de ejemplares de lubina alimentados con una dieta control (FM), y tres dietas experimentales: harina de insectos (IM) previamente alimentados con bagazo, vegetales y lactosuero, respectivamente. Las barras muestran los valores medios y desviación estándar (n=8 peces) por grupo experimental. Diferentes letras (a, b) denotan diferencias significativas (ANOVA y prueba Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

A excepción de lo observado en el índice viscerosomático (VSI), lo cual podría asociarse a la plasticidad fenotípica del intestino para aumentar su superficie de absorción y asimilación de nutrientes para contrarrestar la baja disponibilidad de los mismos (Molina-Roque *et al.*, 2022; Perera *et al.*, 2009), no existen diferencias biométricas significativas entre los grupos alimentados con las diferentes dietas (Tabla 1). Además, la ausencia de diferencias significativas en el índice mesentérico (MSI) e índice hepatosomático (HSI) en comparación con los peces alimentados con la dieta control indica que no se produjo una acumulación adicional de grasa hepática o perivisceral,

lo que sugiere que el peso medio final alcanzado está asociado con el rendimiento del filete y no con una mayor acumulación de grasa perivisceral.

En consonancia, no se observan diferencias significativas para ninguno de los metabolitos analizados en plasma sanguíneo entre grupos experimentales (Figura 1). Así, todos los grupos experimentales presentarían unos niveles energéticos y de aminoácidos circulantes homeostáticos, denotando la ausencia de efectos negativos que afecten a los procesos fisiológicos en los que estos metabolitos intervienen, como son la formación de enzimas y hormonas, el crecimiento y la regeneración tisular (De la Higuera y Cardenete, 1993; Mommsen y Walsh, 1992).

A nivel hepático, únicamente se observa una bajada de los niveles de lactato en el grupo alimentado con la dieta Lácteo con respecto al grupo Control (Figura 2A). El lactato es sintetizado, vía anaeróbica, en el músculo blanco del pez y transportado vía sanguínea al resto de tejidos (Dando, 1969). Su formación se reduce cuando el organismo tiene metabolitos disponibles que pueden ser empleados aeróbicamente por las mitocondrias (Palomares, 2009). Por lo tanto, una bajada de lactato a nivel hepático en aquellos peces alimentados con la dieta Lácteo denotaría su mayor utilización durante el proceso de gluconeogénesis para mantener los niveles de glucosa en respuesta al ayuno.

A nivel muscular, solo se observan diferencias en los niveles de glucosa entre los grupos alimentados con las dietas Bagazo y Vegetal (Figura 2B), pero no con aquellos peces alimentados con la dieta Control. Esto sugiere un mayor procesado anaeróbico de la glucosa en el músculo blanco, vía glicólisis, de los peces alimentados con la dieta vegetal, y resaltaría el buen estado metabólico de los animales alimentados con las dietas experimentales.

El análisis del conjunto de los resultados resaltaría la idoneidad del uso de IM como fuente de proteínas alternativa al FM. Además, debido al elevado poder de bioconversión de subproductos industriales en una fuente de nutrientes fácilmente asimilables (economía circular), se posiciona el uso de larvas de insectos como una fuente sostenible de ingredientes potenciales para la formulación de *aquafeeds*.

CONCLUSIONES

La inclusión de harinas de insectos como fuente de proteínas alternativa en piensos de engorde no presenta efectos perjudiciales sobre el crecimiento y metabolismo energético de la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Además, se impulsa el uso de larvas insectos para bioconvertir subproductos industriales en materia primas para la elaboración de dietas sostenibles destinadas a especies marinas cultivadas.

Agradecimientos

Ayudas Margarita Salas (Universitat Politècnica de València) para la formación de jóvenes doctores con fondos NextgenerationEU. Proyecto cofinanciado en un 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER1420-27) al Grupo de Acuicultura Marina del IMIDA. Grupo de Fisiología y Patología en Acuicultura (RNM-216) de la Universidad de Cádiz. A todos los animales de experimentación empleados en este ensayo.

REFERENCIAS

- Dando, P.R. (1969). Lactate metabolism in fish. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 49(1), 209-223.
- De la Higuera, M., Cardenete, G. (1993). La proteína en la nutrición de los peces. In: Castello, F. (Ed.), *Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Biblioteca de la Universitat de Barcelona, pp. 195-225.
- Glencross, B., Fracalossi, D., Hua, K., Izquierdo, M., Ma, K., Overland, M., Robb, D. (2021). Harvesting the benefits of nutritional research to address global challenges in the 21st century. *FAO Global Conference on Aquaculture 2020, 22–25 September 2021, Shanghai, China*.
- Hua, K., Cobcroft J.M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D.R. Mango, A. (2019). The future of aquatic protein: Implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3): 316-329.
- Llagostera, P. F., Kallas, Z., Reig, L., Amores de Gea, D. (2019). The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *Journal of Cleaner Production*, 229, 10-21.
- Molina-Roque, L., Bárany, A., Sáez, M.I., Alarcón, F.J., Tapia, S.T., Fuentes, J., Martos-Sitcha, J.A. (2022). Biotechnological treatment of microalgae enhances growth performance, hepatic carbohydrate metabolism and intestinal physiology in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles close to commercial size. *Aquaculture Reports*, 25, 101248.
- Mommsen, T.P., Walsh, P.J. (1992). Biochemical and environmental perspectives on nitrogen metabolism in fishes. *Experientia* 48, 583-593.
- Perera, E., Simó-Mirabet, P., Shin, H. S., Rosell-Moll, E., Naya-Catalá, F., de las Heras, V., ... & Pérez-Sánchez, J. (2019). Selection for growth is associated in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) with diet flexibility, changes in growth patterns and higher intestine plasticity. *Aquaculture*, 507, 349-360.



Análisis y descripción osteológica de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 de una cepa ornamental en condiciones controladas en la unidad acuícola de la Universidad de la Guajira Colombia

Osteological analysis and description of *Poecilia reticulata* Peters, 1859 from an ornamental strain under controlled conditions in the aquaculture unit of the Universidad de la Guajira Colombia

Yuli Paola Espinosa-Prens¹, Claudia Andrea Gómez Ramírez¹,
Jaineth Patricia Camargo Mendoza¹, Jairo Romero Paz^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad de La Guajira, Colombia.

²Grupo de investigación BIEMARC, Universidad de la Guajira Colombia.

Yuli Paola Espinosa Prens   ypaolaespinosa@uniguajira.edu.co

RESUMEN | El estudio morfológico de las estructuras óseas es una herramienta importante para la taxonomía, y representa un aporte significativo a la biología, y prácticas acuícolas. Se presenta una descripción del desarrollo osteológico de *Poecilia reticulata* de cepa ornamental, se analizaron 8 organismos entre 6 mm - 39 mm de longitud total (LT). En los organismos que se encontraban desde postlarva en proceso de eclosión hasta adulto el esqueleto axial presentó 28-29 vértebras; las espinas neurales de la cuatro primeras vértebras ensanchadas; En las hembras, la espina neural de las cuatro primeras vértebras era más extensa; se obtiene que la aleta anal es la última en presentar osificación en organismos inferiores a 15 mm LT. En estado adulto en el esqueleto caudal los hipurales se encuentran fusionados formando una sola placa y en los ejemplares machos se aprecia un poro largo lo que permite la observación de un marcado dimorfismo sexual en su esqueleto axial. Las estructuras más tardías en aparecer son las costillas y soportes de las aletas impares. Podemos concluir que *Poecilia reticulata* es un pez que eclosiona con un esqueleto osificado en estado avanzado de desarrollo en el cráneo, las mandíbulas, los ojos compuestos y además en ese momento han absorbido el saco vitelino. Cabe destacar que se evidenciaron malformaciones óseas tempranas en vertebras y espinas de algunos organismos. La información obtenida en esta investigación constituye un referente para tener en cuenta en la acuicultura de esta especie.

Palabras clave |

Merística,
Desarrollo osteológico,
Cypridontiformes

ABSTRACT | The morphological study of bone structures is an important tool for taxonomy and represents a significant contribution to biology and aquaculture practices. A description of the osteological development of *Poecilia reticulata* of ornamental strain is presented, 8 organisms were analyzed between 6 mm - 39 mm total length (TL). In the organisms that were from postlarva in hatching process to adult, the axial skeleton presented 28-29 vertebrae; the neural spines of the first four splayed vertebrae. ; In females, the neural spine of the first four vertebrae was more extensive; it is obtained that the anal fin is the last to present ossification in organisms less than 15 mm TL; In the adult state, in the caudal skeleton, the hipurals are fused to form a single plate and in the male specimens a long pore can be seen, which allows the observation of a marked sexual dimorphism in its axial skeleton; The latest structures to appear are the ribs and supports of the unpaired fins. We can conclude that *Poecilia reticulata* is a fish that hatches with an ossified skeleton in an advanced stage of development, which includes the skull, jaws, compound eyes, and also at that moment they have absorbed the yolk sac; In addition, early bone malformations in vertebrae and spines of some organisms of the species under study were evidenced, which constitutes this investigation in a reference to take into account in aquaculture.

Keywords |

Meristic,
osteological development,
Cypridontiformes

INTRODUCCIÓN

El pez *Poecilia reticulata* comúnmente conocido como Guppy, es una especie tropical que pertenece a la familia Poeciliidae. Esta especie es originaria de América del Sur y se ha convertido en un pez popular en acuarios de todo el mundo debido a su variedad de colores y su facilidad de reproducción (Devezé, 2004).

En los peces el esqueleto es una estructura importante que ayuda a entender la forma en que estos organismos son capaces de alimentarse, desplazarse. Además, es una herramienta útil para entender la adaptación que han tenido estos organismos a la diversidad de hábitats acuáticos, y permite ubicarlos en los distintos niveles taxonómicos y filogenéticos (Barrera, 2006).

El conocimiento de la estructura ósea de *P.reticulata* y la evaluación temprana de las características morfológicas como el número de vértebras y/o componentes esqueléticos será útil para detectar oportunamente alguna deformación en organismos desde estadios los tempranos del desarrollo. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue examinar el desarrollo osteológico de una cepa ornamental de *P.reticulata* en condiciones controladas en la unidad acuícola de la Universidad de la Guajira, lo cual, servirá de base en la construcción de una herramienta de evaluación del control de calidad durante su cultivo y futuras experimentaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 8 organismos de origen de una cepa ornamental con tamaños entre 6 mm y 39 mm de LT en la estación experimental de la unidad acuícola de la Universidad de La Guajira del distrito de Riohacha - Colombia, durante el proceso de desove y cría de *P. reticulata*, durante 20 días.

Merística y osteología

Para establecer los patrones de osificación, anatómicos y merísticos, se realizó la tinción del hueso usando rojo de alizarina según lo propuesto por Potthoff (1984), y modificado siguiendo las recomendaciones de Yáñez y Ruiz (1978) para el proceso de aclarado. Lo anterior se tuvo en cuenta para todos los estados de desarrollo (desde larva a adulto). Las sustancias utilizadas para el proceso fueron:

- Formalina al 10%
- Solución colorante de alizarina: solución saturada de alizarina en ácido acético glacial.
- Se prepararon 4 mezclas de glicerina en hidróxido de potasio al 4% en las siguientes proporciones: 20:80, 40:60, 60:40, 80:20.
- Solución para aclarar: se preparó hidróxido de potasio al 4% en agua destilada

Proceso de tinción

Para el desarrollo del proceso de tinción se realizaron los siguientes pasos:

- a. Fijación: Los organismos fueron fijados en formalina al 10% y dejados en esta solución en un recipiente rotulado con su respectiva fecha e identificación de cada individuo.
- b. Aclarado: Se sometieron a KOH al 4%. El aclaramiento de los organismos se nota primero en los bordes del cuerpo y en la parte delgada de la aleta caudal y demás aletas, el ejemplar pierde rigidez hasta ser muy flexible.
- c. Tinción del hueso: Los organismos se colocaron en una solución de hidróxido de potasio al 4% y alizarina según el tamaño y el grado de osificación, la solución de alizarina se agregó hasta que la solución alcanzó tinción púrpura con la intensidad del color deseado
- d. Deshidratación: Los organismos fueron sometidos a una serie de glicerol: KOH, 20: 80, 40:60, 60:40, 20:80.
- e. Preservación: Finalmente, los organismos fueron dejados en una solución de glicerina al 100% para su posterior análisis estereoscópico.

Merística

Se realizó en las siguientes estructuras: Radios branquióstegos, costillas, huesos predorsales, vértebras, espinas neurales y hemales, espinas, radios y pterigióforos de las aletas pares e impares.

Desarrollo osteológico

La descripción se realizó según la secuencia de aparición de las estructuras óseas de la columna vertebral y el complejo hipural, durante las diferentes etapas de la especie estudiada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Serie de desarrollo y pigmentación

En *P. reticulata* se observó la presencia de melanóforos en organismos desde estado de huevo hasta después de eclosionados, se pudo apreciar que desde etapas tempranas del desarrollo aparecen marcados por punteados color negro y grisáceo (Figura 1a). Los melanóforos se pueden ver en regiones que cubren la superficie dorsal de la cabeza y detrás del opérculo, y se va aumentando la aparición hacia el pedúnculo caudal (Figura 1b).

Estos peces nacen con mandíbulas desarrolladas (Figura 4), cráneo, ojos compuestos (Figura 1c) y boca, por lo que pueden comer autónomamente, similar a los ejemplares de *P. reticulata* descritos por (Mousavi et al., 2014). En términos generales, se observa que cada organismo era completamente capaz de nadar, comer y evitar el peligro al igual que otros vivíparos (Shikano y Fujio, 1997).

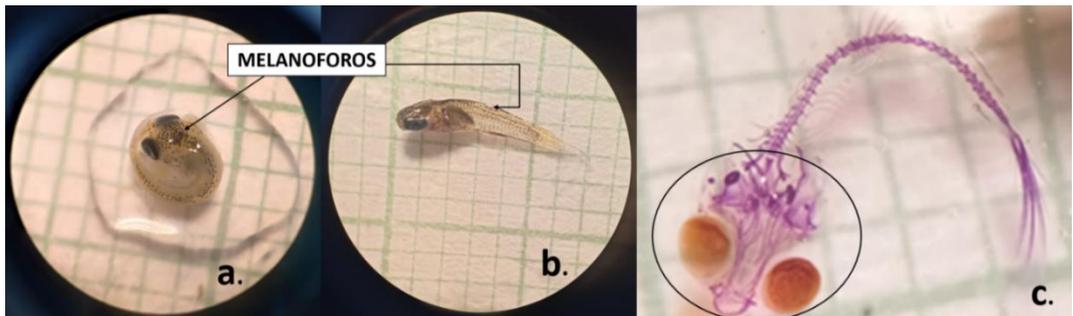


Figura 1 Organismos de la serie de desarrollo de *Poecilia reticulata*. Patrón, cuadrícula de 1mm.

En la figura 1a. se observa la morfología externa de *P. reticulata* en fase huevo con ojos compuestos y pigmentación desarrollada (melanóforos con coloración negruzca y marrón presentes cerca a los ojos y a lo largo de la cabeza); en la figura 1b, se observa morfología externa postlarva 12 mm de longitud total LT, pigmentación densa se observan melanóforos en la parte dorsal, se intensifican en la zona postanal, vista lateral. En la figura 1c Neurocráneo osificado y ojos compuestos, postlarva 9 mm LT. Denótese el proceso avanzado de desarrollo en un organismo en proceso de eclosión, vista dorsal. Imágenes tomadas en estereoscopio de 5-10 X.

Osteología

Se expresa la secuencia de osificación del esqueleto axial y apendicular de la especie *P. reticulata* (Tabla 1) durante el desarrollo osteológico desde huevo a adulto en tamaños entre 6 mm LT y 39 mm LT.

Tabla 1. Diagrama de la secuencia de osificación general en *Poecilia reticulata* durante el desarrollo osteológico desde huevo hasta adulto.

REGION	HUESOS	SECUENCIA DE OSIFICACION GENERAL							
		FASE							
		LARVA	JUVENIL			ADULTO			
COLUMNA VERTEBRAL	C.V								
	E. NEURAL								
	E. HEMAL								
	C.EPIPLEURAL								
	C. PLEURAL								
ALETA DORSAL	ESPINAS								
	RADIOS								
	PTE P								
	PTE D								
ALETA ANAL	ESPINAS								
	RADIOS								
	PTE P								
	PTE D								
COMPLEJO HIPURAL	P-HIPURAL								
	HIPURAL								
	EPURAL								
	CPU II-III								
	E.PU II-III								
ALETA CAUDAL	R. PRIMARIOS								
	R. SECUNDARIOS								
LONGITUD EN mm		6	9	9	12	15	33	33	39

Abreviaturas: CV: Cuerpos vertebrales, E. NEURAL: Espina neural, E. HEMAL: Espina hemal, C. EPIPLEURAL: Costilla epipleural, C. PLEURAL: Costilla pleural, C. PLEURAL: Cuerpos pleurales, PTE P: Pterigióforos proximales, PTE D: Pterigióforos distales, P-HIPURAL: Parahipural, CPU: Cuerpos pleurales, E. PU: Espina pleural, R. PRIMARIOS: Radios primarios, R. SECUNDARIOS: Radios secundarios. Los espacios en blanco indican ausencia de estructuras y los sombreados en verde indican que están presentes. Las estructuras más tardías en aparecer son las costillas y soportes de las aletas impares.

Vértebras

El número de vértebras o cuerpo vertebrales (CV) de *P. reticulata* se encuentra entre 28 -29, en el caso de las vértebras precaudales oscilaron entre el total de 12-13, para las vértebras postcaudales se registraron cantidades entre 16-17; Las espinas neurales de las cuatro primeras vértebras se ensanchan (Figura 3). En los esqueletos axiales de las hembras, la espina neural de las cuatro primeras vértebras era más extensa que la de los machos que pueden soportar un cuerpo más largo (Jalili y Eagderi,2017).

De forma general los huesos de la columna vertebral en *P. reticulata* manifiestan un desarrollo temprano en patrones de osificación, los organismos que se encuentran entre 9-39 mm de LT presentan espina neural, espina hemal, costillas epipleurales y costillas pleurales constituidas. Sin embargo, en organismos menores a 9 mm LT no es posible identificar las costillas epipleurales, lo que permite inferir que es lo último en presentar osificación.

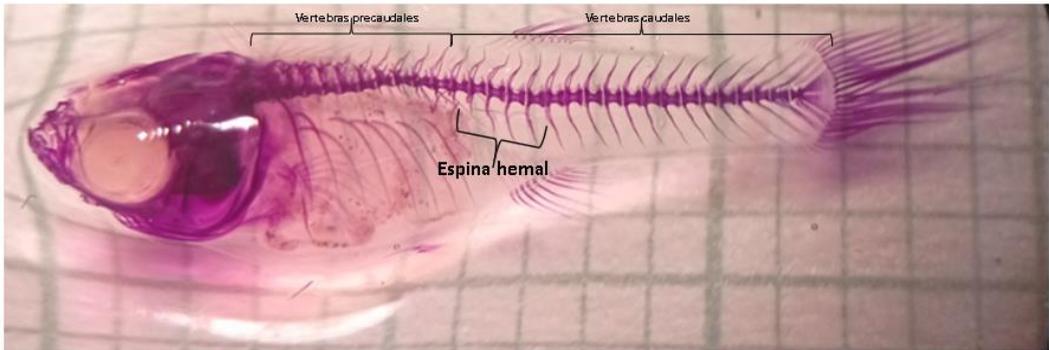


Figura 2. Esquema general de vertebras presentes en *P. reticulata* y deformaciones identificadas. Patrón: Cuadrícula de 1mm de lado.

En la figura 2 se observa organismo con 15 mm (LT) con las vértebras precaudales hasta la vértebra anterior en la que se forma la espina hemal. Seguidamente, las vértebras caudales en las que se forman las espinas hemales hasta su terminación con el uróstilo. Las cuatro primeras vértebras caudales presentan espinas neurales con deformidades, están dobladas. Es importante resaltar que las deformidades óseas en los peces representan un gran problema en las prácticas acuícolas, no

solamente por las pérdidas económicas sino por las complicaciones a nivel funcional y morfológico que sufren los organismos durante todo el ciclo de vida.

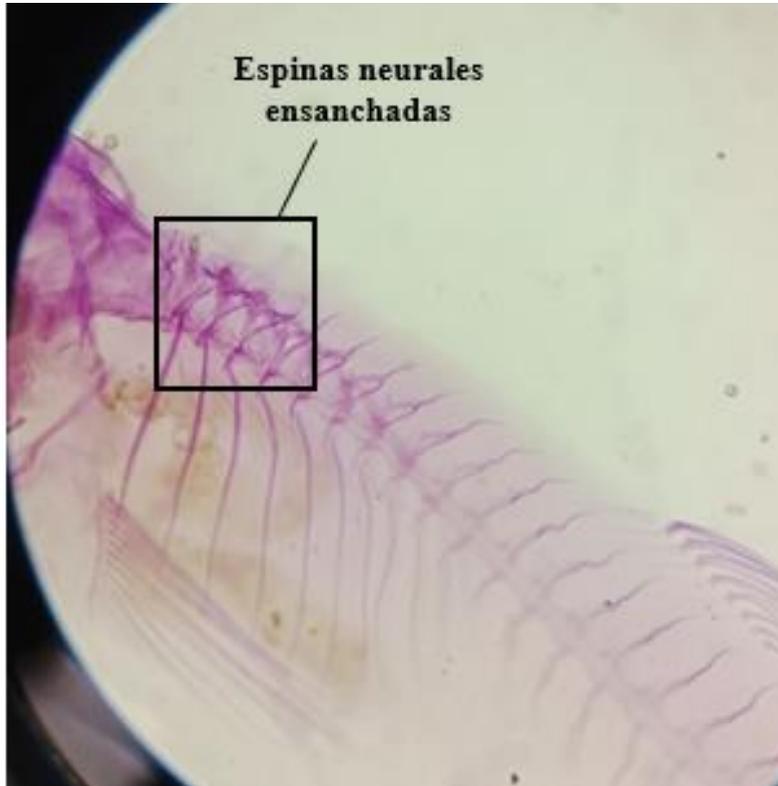


Figura 3. Las espinas neurales ensanchadas de *Poecilia reticulata*

Se observa el ensanchamiento de las cuatro primeras espinas neurales (cuadrícula color negro), carácter distintivo de *P. reticulata*. Obsérvese además las deformaciones en las espinas hemales y neurales de las vértebras cuerpos caudales.

La osificación de la columna vertebral se complementó con la aparición de las costillas pleurales y epipleurales, en acuerdo con Faustino y Power (1998); estas estructuras incrementan la capacidad natatoria y permiten mayor resistencia del cuerpo en el agua. (Figura 4).

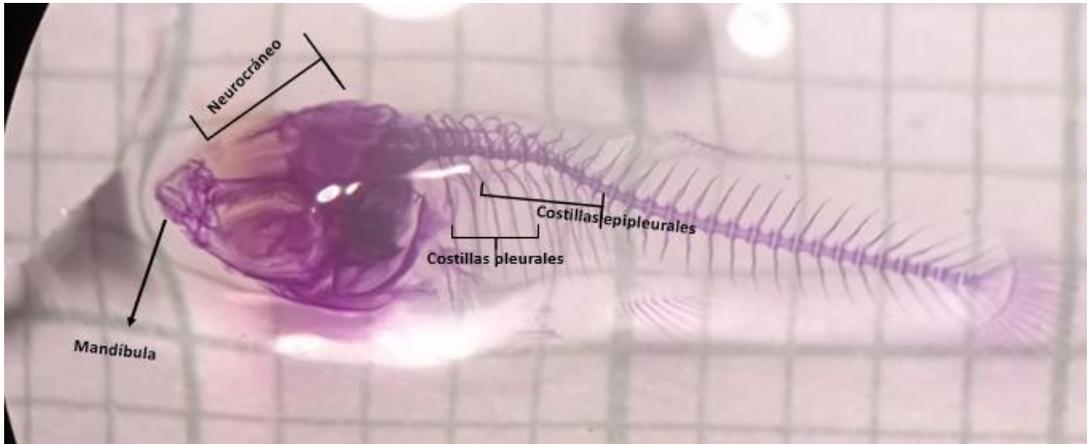


Figura 4. Costillas epipleurales y pleurales en *Poecilia reticulata*. Patrón, cuadrícula de 1mm de lado.

Se observa un organismo en vista lateral, 12 mm LT; se señalan las costillas pleurales y epipleurales; se aprecia la mandíbula y neurocráneo osificado.

Complejo hipural y esqueleto caudal

El complejo hipural está localizado en el extremo posterior de la columna vertebral y se encarga principalmente sostener a la aleta caudal, por lo tanto, es una estructura que juega un papel sumamente importante en el pez, en el proceso de natación (Rodríguez et al.,2005).

El estudio del esqueleto caudal ha sido abordado en diferentes grupos de peces, lo que ha demostrado la importancia en la clasificación y separación entre familias, géneros o bien a nivel de especie. Además, posee relevancia para el conocimiento del nivel evolutivo de las mismas, ya que puede representar una simplificación progresiva del origen tan complejo que caracteriza a numerosos huesos independiente, como por ejemplo cuando ocurre la fusión de hipurales (Gosline, 1961).

En este estudio se evidencia en el complejo hipural y esqueleto caudal de *P.reticulata*, con osificación temprana, este consta de dos hipurales amplios fusionados que forman una sola placa hipural (fig.5 a). Tal y como lo reportó Costa (1998) pues, es una característica representativa de los cypridontiformes, salvo algunas excepciones.

En ejemplares macho, observamos un poro entre dos hipurales fusionados (Figura 5b) lo cual permite diferenciar un marcado dimorfismo sexual entre la especie. Otros elementos en esta estructura incluyen un parhipural, un epural (Figura 5a).

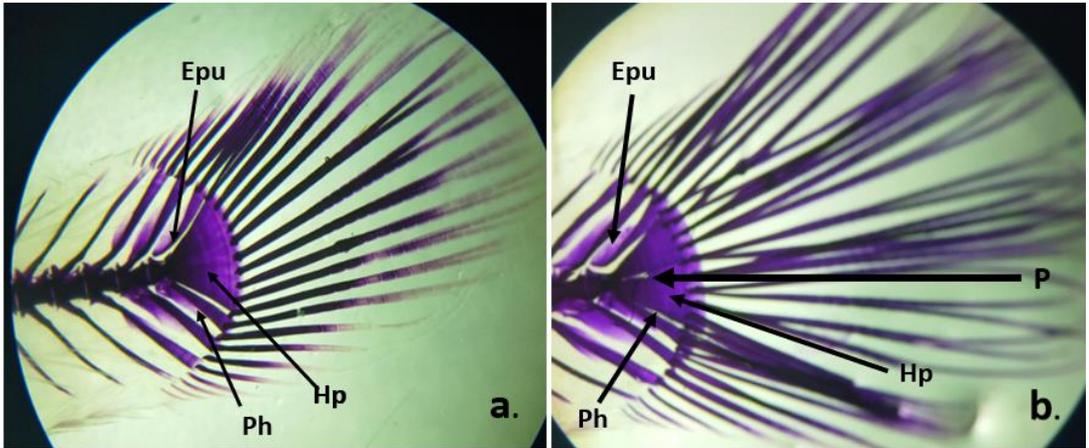


Figura 5. Estructura caudal en *Poecilia reticulata*

Abreviatura: Epu: Epural; Ph: parhipural y Hp: hipural. En a. Se observa la estructura caudal de una hembra. Figura b. La estructura caudal de un macho de *P.reticulata*, se señala el hipural fusionado con un poro: P, característica distintiva de dimorfismo sexual de la especie.

Formación de las aletas

Se ha reportado que los organismos de *P.reticulata* nacen con todas las aletas diferenciadas, como otros géneros de la familia Poeciliidae (Sancho, 2018), las cuales son claramente observables.

En las aletas impares anal y dorsal se observó la osificación completa de todas sus estructuras a partir de los 15 mm LT. Lo anterior debido a que los soportes de estas los denominados pterigióforos proximales se presentaron osificados a partir de los 9 mm LT y los distales a partir de los 15 mm.

Estos resultados obtenidos concuerdan con estudios como el realizado por Mousavi *et al.* (2014) en el cual se evidencia que a nivel morfológico y morfométrico las aletas están completamente desarrolladas hasta el día 50 con una longitud aproximada de 20 mm (LT), además que no todas las aletas se encontrarán en el mismo grado de desarrollo al nacer.

CONCLUSIONES

Desde la fase de huevo y larvaria y antes de nacer del vientre de la hembra *P. reticulata* presenta una marcada osificación en el cráneo, en las aletas pares e impares, columna vertebral. Además, de una alta pigmentación, la presencia de ojos compuestos y un estómago funcional que les permiten alimentarse, nadar y evitar a los depredadores inmediatamente después del nacimiento, pues en ese momento ya han reabsorbido el saco vitelino.

El estudio osteológico en peces proporciona una herramienta fundamental para establecer diferencias marcadas en dimorfismo sexual de *P. reticulata*.

Este tipo permitió identificar deformidades óseas por ende es una alternativa para diagnosticar y poder evaluar deformidades óseas desde etapas iniciales del desarrollo de los peces.

Agradecimientos

El presente trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto institucional de la Universidad de la Guajira “Alistamiento de una unidad acuícola autosostenible”. Se agradece a la facultad de ciencias básicas y aplicadas. A Yeudis Amaya coordinador de la Unidad Acuícola por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- Barrera García, A. M. (2006). Caracterización osteológica preliminar de las principales familias de peces teleosteos del Caribe colombiano. Tesis de pregrado. Repositorio. Universidad Jorge Tadeo Lozano de Bogotá.
- Costa, W. J. E. M. (1998). Phylogeny and classification of the Cyprinodontiformes (Euteleostei: Atherinomorpha). En *a reappraisal. Phylogeny and classification of neotropical* En 537-560. fishes. Porto Alegre
- Devezé Murillo, P., Reta Mendiola, J. L., & Sánchez Luna, B. (2004). Cultivo de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) en cuerpos de agua tropicales, Veracruz, México. *Revista de biología tropical*, 52(4), 951-958.
- Gosline, W. A. (1961). The perciform caudal skeleton. *Copeia*, 1961(3), 265-270.
- Mousavi-Sabet, H., Azimi, H., Eagderi, S., Bozorgi, S., & Mahallatipour, B. (2014). Growth and morphological development of guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) larvae. *Poeciliid Research*, 4(1), 24-30.
- Potthoff, T. Clearing and staining techniques. In: Moser, H. G.; Richards, W. J.; Cohen, D. M.; Fahay, M. P. Kendall Jr. A. W. Richardson, S. L. (Eds.). *Ontogeny and Systematics of Fishes*.

- American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special publication No.1. Lawrence, KS, Allen Press, 1984.
- Rodríguez, J. A., Rojas, G. C., & Castro, K. R. (2005). Selección de pareja y comportamiento sexual de los guppys (*Poecilia reticulata*). *Orinoquia*, 9(2), 38-44.
- Sancho Martínez, C. (2018). *Desarrollo Embrionario en Peces Dulceacuícolas de la Familia Poeciliidae, Estrategias de Conservación*. Tesis de pregrado. Repositorio Universidad de ciencias y artes de Chiapas.
- Shikano T. y Fujio &. (1997). Propagación exitosa en agua de mar del guppy *Poecilia reticulata* con referencia a la alta tolerancia a la salinidad al nacer. *Ciencias Pesqueras* 63:573-575.
- Yáñez A., & Ruiz, L. J. (1978). Osteología de *Anchoa parva* (Meek e Hildebrand) y su discusión comparada seis especies de la familia (Pisces: engraulidae. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* 5 (1), G7-26.



Efectividad del peróxido de hidrógeno para el control de ectoparásitos en peces marinos

Effectiveness of hydrogen peroxide for the control of ectoparasites in marine fish

**Juan Carlos Pérez-Urbiola, Roxana B. Inohuye-Rivera,
Minerva C. Maldonado- García**

Programa de Acuicultura del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC.
(CIBNOR) La Paz, BCS. México

Juan Carlos Pérez-Urbiola   jperez@cibnor.mx

RESUMEN | El peróxido de hidrógeno es un tratamiento aplicado en baños para el control de ectoparásitos que ha demostrado efectividad y bajo impacto en el ambiente. En los peces marinos, en particular en el jurel pez fuerte *Seriola rivoliana* las enfermedades como la Amyloodiniosis, la Trichodinosis y la infestación por monogéneos del género *Neobenedenia* son de importancia porque ocasionan lesiones en piel y branquias, alteración del comportamiento, y en casos severos mortalidades importantes. El objetivo del trabajo fue evaluar diferentes concentraciones y tiempos de aplicación del peróxido de hidrógeno para eliminar estos parásitos. Los bioensayos se realizaron con peces juveniles donados por una empresa local y en los cuales se detectaron estos parásitos durante su periodo de cuarentena. Para los 7 bioensayos se utilizaron tanques de fibra de vidrio de 100 L de capacidad con un total de 126 peces infestados. Se agregó el peróxido de hidrógeno comercial al 3% calculado para alcanzar cada una de las concentraciones. Al final de cada uno de los bioensayos se examinó el sedimento y se contabilizaron los parásitos con microscopio estereoscópico. La dosis 100% efectiva en baño corto de 30 minutos para los monogéneos fue de 75 ppm mientras que para *Amyloodinium ocellatum* y *Trichodina* sp. fue de 112.5 ppm.

Palabras clave |
peróxido de hidrógeno,
tratamiento,
ectoparásito,
Seriola rivoliana

ABSTRACT | Hydrogen peroxide is a bath treatment for the control of ectoparasites that has shown effectiveness and low impact on the environment. In marine fish, particularly in the almaco jack *Seriola rivoliana*, diseases such as Amyloodiniosis, Trichodinosis and infestation by monogenean species of the genus *Neobenedenia* are important because they cause skin and gill lesions, behavioral changes, and in severe cases mortality. The objective of the work was to evaluate different concentrations and application times of hydrogen peroxide to eliminate these parasites. The bioassays were carried out with juvenile fish donated by a local hatchery and in which these parasites were detected during their quarantine period. For the 7 bioassays, fiberglass tanks of 100 L capacity with a total of 126 infested fish were used. Commercial 3% hydrogen peroxide calculated to reach each of the concentrations was added. At the end of each of the bioassays, the sediment was examined and the parasites were counted with a stereoscopic microscope. The 100% effective dose in a short bath of 30 minutes for the monogeneans was 75 ppm, while for *Amyloodinium ocellatum* and *Trichodina* sp. was 112.5 ppm.

Keywords | hydrogen peroxide, treatment, ectoparasite, *Seriola rivoliana*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de peces marinos es una actividad de rápido crecimiento y se están desarrollando e innovando las tecnologías para una amplia variedad de especies de interés. En México, a nivel comercial se encuentran los jureles (*Seriola rivoliana* y *Seriola lalandi*), la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), los huachinangos (*Lutjanus peru*) y el pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) y con potencial importante destacan entre otras los robalos *Centropomus* spp.

Uno de los grandes retos de la acuicultura es el manejo de las enfermedades que tienen un efecto perjudicial en la producción en los diferentes tipos de sistemas, desde los rústicos hasta los altamente tecnificados. Las enfermedades afectan la supervivencia, el factor de condición y bienestar de los peces, y con ello ocasionan un detrimento en el valor y calidad del producto.

Entre las enfermedades parasitarias en peces marinos más usuales destacan las ocasionadas por ectoparásitos de ciclo de vida directo como son **Amyloodiniosis**, **Trichodinosis** y la **infestación por monogéneos** del género *Neobenedenia*. **Amyloodiniosis**, ocasionada por el dinoflagelado *Amyloodinium ocellatum* afecta la piel y branquias de más de 100 especies de peces marinos de cultivo y acuarios en todo el mundo. Su ciclo de vida es directo y presenta 3 fases distintas, trofote adherido a las células epiteliales y que se alimenta del hospedero. Después de 3 a 6 días se desprende y en el fondo forma la fase quiste denominada tomonte que se divide hasta alcanzar 256 usualmente

64 dinosporas que son la fase infectiva que deberá alcanzar un hospedero donde se fijará y se diferenciará en trofonte (Noga 2000, Noga y Levy 2006).

Trichodinosis ocasionada por protozoos ciliados principalmente del género *Trichodina* afecta la piel y branquias de los peces dulceacuícolas y marinos de aguas frías y tropicales. Su morfología general que permite su identificación es la presencia de un anillo denticular y un diámetro entre 40 a 60 micras (Noga 2000, Basson y Van As 2006).

Infestación por los monogéneos *Neobenedenia* spp. afecta la piel de más de 100 especies de peces cultivadas y en acuarios en todo el mundo. Su ciclo de vida es directo, los adultos se encuentran sobre los peces y producen gran cantidad de huevos con largos filamentos que se adhieren al propio pez o sustratos disponibles y de los cuales en pocos días se desarrolla y emerge una larva denominada oncomiracidio que buscará a su hospedero para cerrar su ciclo de vida (Noga 2000).

Los tratamientos para el control de los ectoparásitos dependerán de varios factores como la especie de parásito y del hospedero, edad, sistema de cultivo, disponibilidad de recursos humanos y materiales, así como la regulación que exista al respecto en cada país. Los tratamientos químicos son los más utilizados para el control de estos parásitos y entre ellos resalta el uso de formalina, sulfato de cobre, peróxido de hidrógeno y antihelmínticos como el praziquantel.

En cuanto al peróxido de hidrógeno la regulación 2377/90 anexo II de la FDA de USA se autoriza su uso ya que es seguro para el consumidor y el ambiente al degradarse a oxígeno y agua, si bien su uso está limitado como antifúngico en huevos y peces. Por estas características se ha motivado su evaluación como tratamiento de bajo impacto para otras enfermedades parasitarias.

Para el control de ectoparásitos se recomiendan los baños cortos de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), compuesto altamente reactivo y oxidante. El modo de acción no está completamente establecido, se considera que en protozoos y helmintos ocurre daño a las membranas celulares y oxidación intracelular (Treves-Brown 2000).

Dada la necesidad de contar con protocolos de tratamiento adecuados a las especies de peces de interés afectadas por parásitos, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad del peróxido de hidrógeno aplicado en baños cortos a juveniles de peces marinos, jurel pez fuerte *Seriola rivoliana*, para el control de *A. ocellatum*, *Trichodina* sp. y *Neobenedenia* sp.

MATERIALES Y MÉTODOS

Peces

Un lote inicial de 2000 juveniles del jurel pez fuerte *Seriola rivoliana* de peso promedio 17 g. para ser utilizado en diferentes experimentos en el CIBNOR La Paz México fue donado por la empresa Kampachi en julio del 2022. Se mantuvieron en un sistema de recirculación de 30 m³ con recambio parcial de agua marina del 10% con salinidad 37 ppt, temperatura 25-27°C y alimentados con una ración del 3% de pellet comercial. A los 45 y 90 días posterior a su ingreso, se detectó la presencia de parásitos y un total de 126 peces de este lote inicial fueron utilizados en el área de cuarentena del Cibnor para realizar los bioensayos.

Parásitos

En el primer evento, los parásitos *Neobenedenia* sp. fueron detectados de manera indirecta al realizar el monitoreo semanal utilizando un sustrato (hilo multifilamento de nylon) donde los huevos de monogéneos se adhieren y son detectados al revisar al microscopio estereoscópico. Posteriormente un baño de agua dulce a 10 jureles permitió obtener los parásitos adultos de la piel y aletas para llevar a cabo la identificación por características morfológicas (Fig.1).

En el segundo evento, se presentó mortalidad y el examen de los filamentos branquiales y del mucus de los ejemplares mostró la presencia de *A. ocellatum* y *Trichodina* spp. respectivamente y fueron identificados también por la morfología general (Fig. 2).

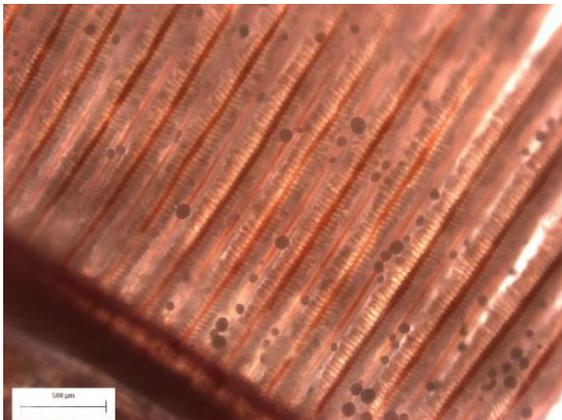
Bioensayos

Se realizaron en tanques circulares de fibra de vidrio y de 100 L de capacidad. Los peces se asignaron al azar al tanque control y a los tanques de tratamiento en cada bioensayo. Se utilizó peróxido de hidrógeno comercial al 3% y se agregó el volumen necesario para alcanzar la concentración requerida. La concentración base utilizada fue 75 ppm por 30 minutos y para optimizar se incluyeron también 50, 90, 105 y 112 ppm y los tiempos de 45 y 60 minutos. Una vez terminado el tratamiento los peces recibieron un baño de agua dulce de 3 minutos para lograr el desprendimiento de los parásitos que no fueron afectados por el peróxido de hidrógeno. El tanque donde se aplicó el baño de agua dulce, se dejó reposar por 10 minutos y por decantación se obtuvo el sedimento el cual fue analizado en el laboratorio con un microscopio estereoscópico. Se realizó el conteo de los parásitos de manera total tanto de los tomontes de *A. ocellatum* como de los adultos y juveniles de *Neobenedenia* sp. En el caso de *Trichodina* spp. se colocó una muestra de mucus en portaobjetos y en microscopio óptico se realizó un barrido a 10x para observar su condición.

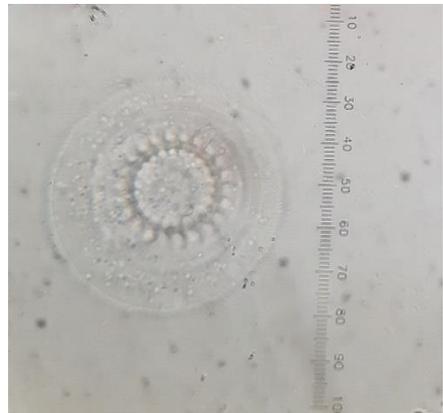
El tanque control nos indicó el número inicial de parásitos para el bioensayo particular expresada como la intensidad (promedio de parásitos por pez). Se estimó la efectividad del tratamiento utilizando como referencia los valores de números de parásitos del control y los obtenidos del agua dulce. Por la disponibilidad de peces y de parásitos se realizaron 5 bioensayos con *A. ocellatum*, 2 con *Neobenedenia* sp. y 1 con *Trichodina* spp. Una vez terminado el bioensayo los peces se mantuvieron en observación por 15 días.



Figura 1 Ectoparásitos monogéneos *Neobenedenia* sp. sobre piel y aletas del jurel pez fuerte *Seriola rivoliana* durante un baño de agua dulce.



A



B

Figura 2. Ectoparásitos. A) Numerosos trofontes de *A. ocellatum* en filamentos branquiales. B) ciliado *Trichodina* sp. del mucus de piel, detalle a 100x, escala 1 micra.

RESULTADOS

En los dos bioensayos realizados con peces parasitados (n=5 y n=7) por *Neobenedenia* sp. (Intensidad inicial fue de 8 y 95 parásitos por pez) con la concentración de 75 ppm de peróxido de hidrógeno por 30 min se obtuvo un 100% de efectividad en ambos experimentos.

En el de *Trichodina* sp. con 112.5 ppm por 30 min (n=20, Intensidad no determinada) se observó que el 100% estaban muertas mientras que en el control con agua dulce se observó un 10% vivas. En el caso de peces parasitados con *A. ocellatum* (Tabla 1), con la concentración de 112.5 por 30 min y 75 ppm por 45 min y 60 min se obtuvo una efectividad del 100%. En contraste, 50 ppm por 30 min no tuvo efecto. En los casos de alta infestación como se observa en el ensayo 4 la efectividad de 75 ppm por 45 min es reducida y variable.

Tabla 1. Efectividad del peróxido de hidrógeno como baño corto contra el ectoparásito *A. ocellatum*.

Ensayo	H ₂ O ₂ ppm	Tiempo Min	Temp. °C	Peces n	Intensidad Control	Intensidad Tratamiento	Efectividad %
1 Control			27	5	1002		
	25	30		5		1060	0
	50	30		5		298	70
	75	30		5		126	87
2 Control			27	3	210		
	75	30		3		15	93
	90	30		3		12	94
	105	30		3		0	100
3 Control			29	8	354		
	75	30		9		3	99
	75	45		8		0	100
	75	60		9		0	100
4 Control			27	2	72900		
	75	45		2		66 600	9
	75	45		2		47 700	35
	75	45		2		34 200	53
5 Control			27	5	3 905		
	112.5	30		5		0	100
	112.5	30		5		0	100
	112.5	30		5		0	100

DISCUSIÓN

El uso general del peróxido de hidrógeno para el control de ectoparásitos está recomendado, sin embargo, es necesario realizar la evaluación pertinente a la especie de pez y de parásito, así como

las condiciones particulares del ambiente para determinar la concentración y el tiempo para su mayor efectividad.

Para las concentraciones y los tiempos utilizados no se observaron síntomas de toxicidad como podrían ser hiperactividad, letargia, cambio en la ventilación o pérdida de equilibrio. Solo se detectó mortalidad postratamiento en el ensayo 4, tanto en el control como en uno de los tratamientos debido a la severidad de la infestación.

En el caso de *Neobenedenia*, la dosis de 75 ppm por 30 min fue efectiva como ha sido registrado por Hirazawa *et al.* (2016) para *Neobenedenia girellae* en *Seriola dumerili*.

Para *A. ocellatum* la concentración general recomendada de peróxido de hidrógeno de 75 ppm por 30 min aplicado a juveniles de *S. rivoliana* mostró buenos valores de efectividad similar a lo registrado en *Polydactylus sexfilis* con 75 y 150 ppm (Montgomery-Brock *et al.* 2001) y a *Dicentrarchus labrax* con 100 y 200 ppm (Samar *et al.* 2017).

La efectividad variable en condición de infección severa puede atribuirse a que al generar gran cantidad de mucus como respuesta a la infección este protege a los parásitos del efecto directo del tratamiento (Shepard 1993; Reverter *et al.* 2018). También influye que los peces infectados muestran un comportamiento más letárgico con respiración más lenta lo que hace que menos agua circule por las branquias y con ello menor contacto con el tratamiento.

CONCLUSIONES

En este trabajo se determinó la concentración de 112.5 ppm de peróxido de hidrógeno en una sola aplicación como 100% efectiva en temperaturas cálidas para el control ectoparásito *A. ocellatum* y *Trichodina* sp. en juveniles del pez fuerte *S. rivoliana* mientras que para el control de monogéneos *Neobenedenia* sp. la concentración de 75 ppm por 30 minutos fue efectiva.

Para futuros trabajos será necesario considerar otras condiciones como evaluar concentraciones más bajas por más tiempo y concentraciones más altas por menor tiempo considerando la temperatura que es un factor clave en la efectividad y en la toxicidad del peróxido de hidrógeno para los peces marinos.

Agradecimientos

Al personal de la línea de peces del CIBNOR La Paz, Pedro Uriarte, Francisco Encarnación, Mario Osuna, Pablo Monsalvo y Carlos Ceseña, por el apoyo en el mantenimiento, traslado y manejo de los lotes de peces marinos.

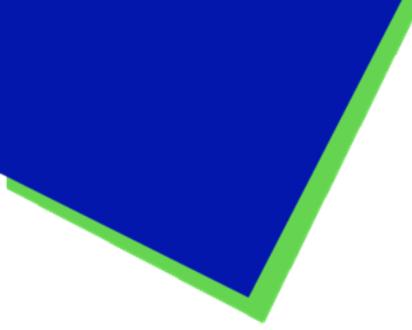
El presente proyecto está siendo apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el año 2022 con número de referencia Proyecto de Incidencia PRONACE 321279, aprobado en la XVII sesión extraordinaria del CTA del programa de presupuestos F003, convocatoria FOP07-2022-01.

REFERENCIAS

- Basson L., Vans As J. (2006). Trichodinidae and other ciliophorans (Phylum Ciliophora) In: Woo, P.T.K (ed). Fish diseases and disorders. Volume 1: Protozoan and metazoan infections. II Edición. Wallingford United Kingdom CABI Publishing. pp:154-182.
- Hirazawa N., Tsubone S., Takano R. (2016). Anthelmintic effects of 75ppm hydrogen peroxide treatment on the monogeneans *Benedenia seriolae*, *Neobenedeniagirellae*, and *Zeuxapta japonica* infecting the skin and gills of greater amberjack *Seriola dumerili*. *Aquaculture*, 450: 244-249. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.028>
- Montgomery-Brock D., Sato V.T., Brock J.A., Tamaru C.S. (2001). The application of hydrogen peroxide as a treatment for the ectoparasite *Amyloodinium ocellatum* (Brown 1931) on the pacific threadfin *Polydactylus sexfilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32: 250-254. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2001.tb01103.x>
- Noga E. J. (2000) Fish disease: diagnosis and treatment. Iowa State University Press, Ames.367 pp.
- Noga E.J., Levy M.G. (2006). Phylum Dinoflagellata In: Woo P.T.K. (ed). Fish diseases and disorders. Volume 1: Protozoan and metazoan infections. II Edición. Wallingford United Kingdom CABI Publishing. pp:16-45.
- Reverter M., Tapissier-Bontemps N., Lecchini D., Banaigs B., Sasal P. (2018). Biological and ecological roles of external fish mucus: a review. *Fishes*, 3 (4):41. <https://doi.org/10.3390/fishes3040041>
- Samar S. S., Zaki V. H., Ahmed G.E., El-Khalek N.K.A. (2017). Studies on *Amyloodinium* infestation in European seabass (*Dicentrarchus labrax*.) fishes with special reference for treatment. *International Journal of Marine Science*, 7(24): 229-246. doi: 10.5376/ijms.2017.07.0024
- Shephard K. L. (1993). Mucus on the epidermis of fish and its influence on drug delivery. *Advanced drug delivery reviews*, 11 (3): 403-417. [https://doi.org/10.1016/0169-409X\(93\)90018-Y](https://doi.org/10.1016/0169-409X(93)90018-Y)
- Treves-Brown K.M. (2000). *Applied Fish Pharmacology*. Kluwer. The Netherlands. 309p.



CULTIVO DE CRUSTÁCEOS



CULTIVO DE CRUSTÁCEOS

Modelo de intervención para el cultivo extensivo de langostino *Malayo Macrobrachium rosenbergii* en comunidades rurales de la costa de Oaxaca | Intervention model for the extensive culture of the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* in rural communities on the coast of Oaxaca

Alfredo Gallardo-Collí, Pablo Torres-Hernández, Carlos Iván Pérez Rostro, César Julio Martínez-Castro, Alfonso Cervantes-Alcántara

Evaluación de bacterias marinas aisladas de costas del sur de Sonora, México, y su potencial utilización como probiótico y antagonista para *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*” | Evaluation of marine bacteria isolated from the coast of southern Sonora, Mexico, and its potential use as a probiotic and antagonist for *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei*”

Karla Soto-Marfileño, Zinnia Molina-Garza, Lucio Galaviz-Silva

Comparación de Variables de Producción y Efectos en Sedimentos en Piscinas de Camarón Blanco (*Litopenaeus Vannamei*) Implementadas con dos Sistemas de Alimentación Automática | Comparison of Production Variables and Effects on Sediments in White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) Pools Implemented with two Automatic Feeding

Oscar Gaviláñez-Moreno, Dennis Tomalá-Solano

Modelo de intervención para el cultivo extensivo de langostino Malayo *Macrobrachium rosenbergii* en comunidades rurales de la costa de Oaxaca

Intervention model for the extensive culture of the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* in rural communities on the coast of Oaxaca

Alfredo Gallardo-Colli^{1*}, Pablo Torres-Hernández¹,
Carlos Iván Pérez Rostro², César Julio Martínez-Castro³,
Alfonso Cervantes-Alcántara¹

¹Instituto de Industrias. Universidad del Mar Campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oaxaca, México. C.P. 70902.

²División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Boca del Río. Km 12, Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, México. C.P. 94290.

³Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita. Av. Ferrocarril s/n Ciudad Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca, México. C. P. 68400

Alfredo Gallardo-Colli   agcolli@hotmail.com

RESUMEN | En México, la escasa transferencia del conocimiento al sector rural, en cuanto a la producción de proteína de calidad derivada del cultivo de pescados y mariscos, repercute negativamente en la nutrición y seguridad alimentaria de la población; sobre todo considerando que hay especies acuícolas con la biotecnología de cultivo establecida, como lo es la del langostino Malayo *Macrobrachium rosenbergii*, y que no son aprovechadas. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar un modelo de intervención para el cultivo extensivo de langostino Malayo *M. rosenbergii* en comunidades rurales de la costa de Oaxaca, tomando como experiencia piloto comunidades del municipio de San Pedro Pochutla. El modelo de intervención está diseñado para ejecutarse en tres años y contempla cinco ejes de acción, y se desarrolló bajo el enfoque metodológico de la Investigación-Acción Participativa, por lo que se estableció un Colectivo de Investigación e Incidencia, considerando actores sociales, gubernamentales y académicos. Las acciones del primer año comprendieron el periodo de agosto a noviembre de 2022, las cuales generaron información en cuanto a organización social, construcción horizontal del conocimiento, rehabilitación de infraestructura acuícola, y puesta en marcha del cultivo extensivo del langostino Malayo. Los resultados preliminares de esta intervención demuestran que los ejes de acción del modelo de intervención coadyuvan a la solución del debilitamiento del autoabasto alimentario de pescados y mariscos de las comunidades rurales y la falta de circuitos de producción locales de alimentos de origen acuícola.

Palabras clave |
langostino Malayo,
acuicultura rural,
seguridad alimentaria,
IAP.

ABSTRACT | In Mexico, the scarce transfer of knowledge to the rural sector, regarding the production of quality protein derived from the culture of fish and shellfish, negatively affects the nutrition and food security of the population, especially considering that there are aquaculture species with established culture biotechnology, such as the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*, and that they are not exploited. In this sense, the objective of the present study was to evaluate an intervention model for the extensive culture of the Malaysian prawn *M. rosenbergii* in rural communities on the coast of Oaxaca, considered as a pilot experience communities of the municipality of San Pedro Pochutla. The intervention model is designed to be executed in three years and contemplates five lines of action, and was developed under the methodological approach of Participatory Action Research, therefore, a Research and Incidence Collective was formed, considering social, government, and academic actors. The actions of the first year included the period from August to November 2022, which generated information about the social organization, horizontal construction of knowledge, rehabilitation of aquaculture infrastructure, and implementation of the extensive culture of the Malaysian prawn. The preliminary results of this intervention show that the lines of action of the intervention model contribute to the solution of the weakening of the food self-supply of fish and shellfish in rural communities the lack of local production circuits for food of aquaculture origin.

Keywords |

Malaysian prawn,
rural aquaculture,
food security,
PAR.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas anunció el año 2022 como el Año Internacional de la Pesca y la Acuicultura Artesanales, y se manifestó a favor de establecer un plan de acción sustentado en siete pilares: sostenibilidad en los ámbitos ambiental, económico y social; gobernanza; igualdad y equidad de género; seguridad alimentaria y nutrición; y resiliencia; con los cuales se busca generar un impulso mundial que empodere a la pesca y la acuicultura artesanales, que aun realizada en pequeña escala aportan a un futuro sostenible para estos importantes sectores (FAO, 2021).

En México la acuicultura ocupa un lugar destacado en la agenda contra el hambre y la pobreza y actualmente se trabaja por reestablecer la acuicultura a baja escala en las zonas rurales, dado que se posee un alto potencial físico y condiciones ambientales favorables para su desarrollo; sin embargo, en las zonas rurales del país la adopción de la acuicultura la limitan factores como la tecnología de cultivo, el abasto de semilla para siembra, el suministro de alimento para las especies cultivadas, y la escasa vinculación de profesionales con los productores (Rosales-Inzunza y Acevedo-Valerio, 2012).

De acuerdo con Boyd *et al.* (2020) el limitado establecimiento de la acuicultura de baja escala (extensiva) en zonas rurales marginadas reduce el sustento de los más vulnerables por la falta de alimentos de alto valor nutricional, empleo e ingreso económico. La región Costa de Oaxaca es un ejemplo de lo expresado anteriormente, debido a que la población carece de capacidades e infraestructura para desarrollar la actividad acuícola, lo que imposibilita el autoabasto alimentario de pescados y mariscos, sin contemplar la oportunidad de establecer circuitos de producción locales de alimentos de origen acuícola.

En el caso específico del municipio de San Pedro Pochutla en la región Costa de Oaxaca, México, Gallardo-Collí *et al.* (2021) realizaron un diagnóstico de las condiciones de la acuicultura en la región, estableciendo que la acuicultura rural enfrenta diversos problemas como lo son: el desabasto de insumos biológicos, falta de organización social, las deficiencias en la infraestructura acuícola, una débil apropiación de la actividad, y el desconocimiento de prácticas acuícolas artesanales orientadas a eficientizar los recursos naturales de manera sostenible.

En este contexto, esta investigación presenta un modelo de intervención comunitario que busca fortalecer la acuicultura de baja escala en zonas rurales de la Costa de Oaxaca, tomando como experiencia piloto al municipio de San Pedro Pochutla, con la puesta en marcha del cultivo de langostino Malayo *Macrobrachium rosenbergii*, y con base en cinco ejes de acción: 1) intercambio horizontal de saberes y prácticas de los actores involucrados; 2) la autogestión orientada a la formación de capacidades productivas, de procesamiento y comercialización entre los actores locales; 3) aportación técnica de la academia para desarrollar el cultivo, procesamiento y comercialización de organismos acuícolas; 4) la replicación del modelo de producción acuícola sustentable a través de la diseminación activa de las experiencias piloto; y 5) fortalecer la organización y autogestión para el desarrollo autónomo de la producción de alimentos provenientes de la acuicultura. El modelo de intervención se plantea para un periodo de tres años; sin embargo, para este documento se presentan los avances del primer año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de incidencia

El modelo de intervención acuícola se proyectó para implementarse en el municipio de San Pedro Pochutla, localizado en la porción sur del estado de Oaxaca, México. El territorio del municipio se localiza dentro del acuífero Huatulco, con una superficie de 2,366 km², entre las Subcuencas Río Tonameca y San Pedro Pochutla, pertenecientes a la Cuenca Río Copalita en la región hidrológica número 21 del país.

actividades de reproducción y producción de postlarvas. La segunda área, dirigida al cultivo extensivo en los estanques de cultivo piloto localizados en la comunidad de San José Chacalapa, del municipio de San Pedro Pochutla, (15° 49' 43" N y 96° 27' 51" O) a una altura promedio de 222 metros sobre el nivel del mar. San José Chacalapa se caracteriza por presentar un clima cálido subhúmedo, en un área de transición entre Aw₁ y Aw₂, definido por Köppen y modificado por García (2004), y es la tercera comunidad más poblada del municipio (2,041 habitantes: 990 hombres y 1,051 mujeres), además se considera una zona de Atención Prioritaria Rural con un grado de marginación alto (Gobierno Municipal San Pedro Pochutla, 2019-2021).

Colectivo de investigación e incidencia

Se vincularon actores locales (productores acuícolas y prospectos de las comunidades de Guzmán, Playa Zipolite, Puerto Ángel, Pochutla Centro, San José Chacalapa, San Miguel Figueroa, San Rafael Toltepec, Zapotengo, Limoncito y Piedra de Lumbre), actores gubernamentales (Regidor y Director de Pesca y Acuicultura del Municipio de San Pedro Pochutla) y entidades académicas (Universidad del Mar "UMAR", Universidad del Papaloapan "UNPA" e Instituto Tecnológico de Boca del Río "ITBOCA"), en un Colectivo de Investigación e Incidencia denominado "Malayo". El Colectivo Malayo se consideró multidisciplinario, debido a que los actores aportaron saberes científicos, populares y tecnológicos, para generar nuevos conocimientos a través del diálogo, el debate, la comunicación, el encuentro y la participación. Durante la intervención el Colectivo Malayo aplicó la Investigación-Acción-Participativa como metodología implicativa y participativa (Alberich, 2008), la cual permite la participación directa de los actores en el proceso investigativo o de desarrollo, y proporciona un método para analizar y comprender la realidad, y planificar acciones para transformarla y mejorarla, con la finalidad de lograr el empoderamiento de la comunidad (Solís-Narváez, 2015).

Aplicación del modelo de intervención

Las acciones del primer año del modelo de intervención comprendieron el periodo de agosto a noviembre de 2022; e incluyeron las siguientes fases: a) diagnóstico, b) infraestructura acuícola, c) talleres participativos, d) reproducción controlada y producción de postlarvas de langostino, y e) puesta en marcha del cultivo extensivo de langostino Malayo (*Macrobrachium rosenbergii*).

a) Diagnóstico. Se consideró el estudio realizado previamente en el área (Gallardo-Collí *et al.*, 2021). Sin embargo, se requirió actualizarlo porqué el área fue devastada por el huracán Agatha, categoría 2 en la escala Saffir-Simpson, el cual tocó tierra el día 30 de mayo en la localidad La Redonda, municipio de San Pedro Pochutla, Oaxaca (SMN, 2022). En este contexto, se aplicaron herramientas participativas, con técnicas de diálogo, observación de campo y de visualización. Se

recurrió a informantes clave: agentes municipales, representantes agrarios, y otros productores acuícolas, con quienes se estableció un diálogo semi-estructurado para conocer su opinión. Los entrevistados facilitaron nuevos contactos potencialmente interesados, en una lógica de bola de nieve, logrando un total de 23 contactos (entre productores acuícolas actuales y potenciales en el cultivo de langostino Malayo), y la información recabada se trianguló para comparar la visión de los entrevistados.

b) Infraestructura acuícola. El diagnóstico de la infraestructura acuícola se obtuvo mediante visita de campo y observación directa de los predios pertenecientes a los productores acuícolas y prospectos. En la primera etapa se consideraron dos ejes prioritarios de acción para incidir en el adecuado desarrollo del proyecto: a) la restauración de la infraestructura (estanques) que resultaron afectados por el huracán Agatha, y b) la implementación de estanques modelo, de acuerdo al prototipo propuesto en el proyecto, por lo que se realizaron visitas de prospección, levantamiento topográfico y de análisis de suelos (textura del suelo, tasa de permeabilidad y compactación) para identificar los prospectos más convenientes.

Adicionalmente, se procedió a instalar dos estaciones meteorológicas Davis Vantage Pro2 Plus (Instaladas en Puerto Ángel y en la comunidad de Chacalapa) con los siguientes sensores: Anemómetro (velocidad del viento de 0 a 80 m/s, y dirección de 0° a 360°); Pluviómetro. (precipitación con resolución de 0.2 mm y precisión de $\pm 4\%$); Sonda de temperatura (-40°C a 65°C); Sensor de radiación ultravioleta (radiación directa, difusa y reflejada, rango de 0 a 16 UV); Sensor de radiación solar (radiación directa, difusa y reflejada en un rango de 0 a 1800 W/m²); Sensor de temperatura y humedad externa.

c) Talleres participativos. Para realizar los talleres se destinaron dos áreas de convergencia técnica para el intercambio de saberes y prácticas, una en la UMAR y otra en Arroyo Rico Chacalapa. Se realizaron un total de 15 talleres participativos para la adopción y creación de conocimiento, donde se abordaron aspectos relacionados a la organización social, adecuación, rehabilitación y manejo de estanques rústicos, y cultivo de langostino Malayo con énfasis en obtención de postlarvas para siembra. Durante los talleres se fomentaron prácticas tradicionales de organización, métodos de planificación, equidad de género, inclusión, trabajo colectivo, cuidado de los recursos naturales, autogestión y autonomía.

d) Reproducción controlada y reproducción de postlarvas de langostino Malayo. Para efecto del modelo de intervención, parte de los Laboratorios de Acuicultura de la UMAR se consideraron como un Centro de Producción Demostrativo, el cual contó con contenedores para el almacenamiento de agua marina, dulce y salobre; área de reproductores; tanques desove y eclosión;

tanques de cultivo larvario, área para preparación de alimento vivo e inerte; y área de análisis de calidad del agua.

Para la obtención de postlarvas de langostino se dispuso de un lote de reproductores de 100 hembras y 50 machos, y para su reproducción se estableció una relación hembra:macho de 2:1. Las hembras ovadas se colocaron en los tanques de desove y eclosión con agua salobre a 12 g/L, una vez concluido el desove estas fueron retiradas del sistema. Las larvas nacidas se sembraron a una densidad de 50 larvas/L en los tanques de cultivo larvario con agua a la misma salinidad. Durante el cultivo larvario se mantuvo un fotoperiodo natural y las larvas fueron alimentadas durante los primeros 10 días con nauplios de *Artemia* y después con una mezcla de nauplios de *Artemia* y un flan de calamar hasta alcanzar la fase de postlarva. Cuando el 90% de la población se encontró en fase de postlarva se procedió a disminuir la salinidad, procurando reducir de 1 a 2 g/L de salinidad por día hasta concluir en agua dulce. Posteriormente, las postlarvas fueron empaquetadas y trasladadas a los sitios donde se procedió a iniciar su cultivo extensivo bajo el resguardo de los productores.

e) **Cultivo extensivo de langostino Malayo.** En esta fase se implementaron cultivos de piloto, principalmente en los estanques que fueron rehabilitados y puestos en operación en el periodo de septiembre y octubre. Para lo cual se fertilizó el estanque con gallinaza fermentada, se sembraron 10 postlarvas/m², y suministró alimento balanceado de gallina (19% de proteína, 2.5% lípidos) a razón de 1% de la biomasa en una sola ración cada tres días, esto cuando la productividad primaria del estanque decayó. La primera biometría de los langostinos se tuvo contemplada para mediados de diciembre.

RESULTADOS

a) **Diagnóstico.** Al actualizar el diagnóstico de los daños ocasionados por el huracán Agatha, se ubicaron 23 actores sociales (7 mujeres y 15 hombres), los cuales fueron clasificados en cuatro grupos: acuicultor activo con estanques; acuicultor inactivo con estanques; prospecto con espacio, agua e infraestructura diversa con posible aplicación como estanque acuícola; y finalmente, los prospectos que solo cuentan que un terreno y agua suficiente para emprender la acuicultura. Las características sociales y de infraestructura para el desarrollo de la actividad acuícola para cada grupo se presentan en la Tabla 1.

Tabla. 1. Características sociales y de infraestructura para el desarrollo de la actividad acuícola de los actores locales.

CARACTERÍSTICA:	Grupo 1 Acuicultor Activo con estanques	Grupo 2 Acuicultor Inactivo con estanques	Grupo 3 Prospecto con espacio, agua y depósitos a convertir en estanques	Grupo 4 Prospecto con espacio y agua
<u>SOCIAL</u>				
Comunidad	Figueroa, Chacalapa, Guzmán, Pluma (límite territorial Pochutla)	Pochutla Centro, Chacalapa, Toltepec	Limoncito, Chacalapa, Toltepec, Piedra de Lumbre	Zapotengo, Chacalapa, Guzmán. Toltepec, Puerto Ángel
Número de productores	5 (2 mujeres y 3 hombres)	5 (2 mujeres y 3 hombres)	6 (6 hombres)	7 (3 mujeres y 4 hombres)
Educación	Primaria, secundaria, licenciatura	Primaria, secundaria	Primaria, secundaria, licenciatura	Primaria, secundaria, bachillerato, licenciatura
Porcentaje de personas capacitadas sobre acuicultura	100%	60%	0%	0%
Tipo de proyecto	Granja acuícola	Granja acuícola	Familiar	Familiar
Experiencia cultivando	2 - 8 años	4 - 8 años	Ninguna	Ninguna
Personas beneficiadas	35	15	22	51
<u>INFRAESTRUCTURA</u>				
Tipo de estaques en físico	Tabicón, concreto, tierra, Lainer	Tabicón, concreto, tierra		
Tipo de estanques para habilitar			Tabicón, tierra, geomembrana	Tierra
Cantidad de estanques	13	12		
Espejo de agua aproximado	800 m ²	1983 m ²		
Área disponible para habilitar			1800 m ²	3750 m ²
Especie cultivada	Tilapia, langostino, caracol, carpa	Langostino, tilapia, carpa		
Fuente de agua	Venero, pozo, río, arroyo	Venero, pozo, arroyo	Pozo, río, lluvia	Venero, pozo, río, arroyo, laguna

A partir del diagnóstico se detectó que la problemática principal en el área de incidencia es el debilitamiento del autoabasto alimentario de pescados y mariscos de las comunidades rurales y la falta de circuitos de producción locales de alimentos de origen acuícola. Los factores directos que acentúa el problema son la falta de organización, carencia de insumos biológicos (reproductores y crías de langostino); ignorar la influencia ambiental sobre actividad acuícola; infraestructura acuícola sin diseño y sustento técnico inadecuado; carencia de espacios apropiados para el intercambio de saberes y prácticas; desconocimiento de prácticas acuícolas extensivas; y falta de esquemas de procesamiento y comercialización del producto excedente. Como parte del esfuerzo de organización y autogestión del Colectivo Malayo, se comenzó el trámite del Registro Nacional de Pesca y Acuicultura (RNPA) de ocho actores sociales.

b) Infraestructura acuícola. Entre los acuicultores activos e inactivos sumaron un total de 25 estanques, los cuales en su mayoría cuentan con menos de 200 m² de espejo de agua. Se observó infraestructura acuícola diversa: estanques de concreto, estanques de tierra, tanques de geomembrana y estanques rústicos recubiertos con plástico de baja densidad, que generalmente fueron construidos sin un diseño y sustento técnico inadecuado (Figura 2).



Figura 2. Estanques rústicos acuícolas en el área de incidencia. Izquierda: Bordos deficientes. Derecha. Estanque sin drenaje.

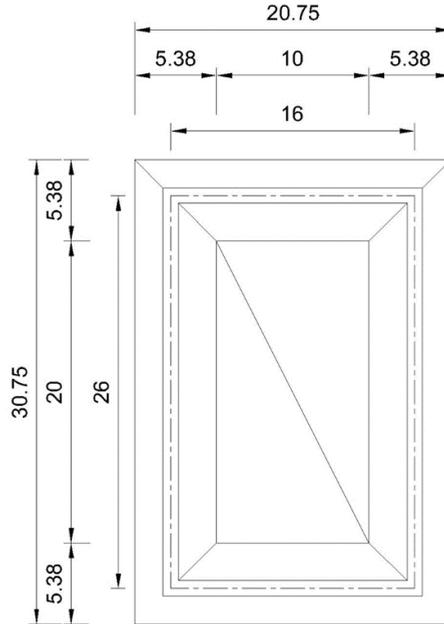
Adicionalmente, la mayor parte de la estructura acuícola en el área resultó dañada por el huracán Agatha, lo que ocasionó la pérdida de los cultivos en curso (Figura 3).



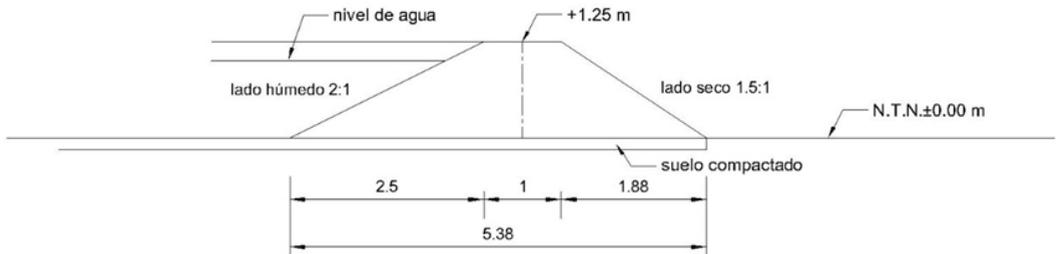
Figura 3. Daños a infraestructura acuícola por huracán Agatha. Izquierda: Árbol derribado sobre estanque rústico. Derecha. Pérdida de cultivo de langostino *Malayo* en estanque de concreto.

Durante los meses de septiembre y octubre los productores procedieron a rehabilitar siete estanques; seis en la comunidad de San José Chacalapa (2 Arroyo Rico, 1 Jesús Silva, 1 Barrio nuevo, 1 El paraíso y 1 Paraje La Libertad) y uno en Figueroa (1 Vivero de los Dos Hermanos).

Se realizaron prospecciones de campo, para identificar áreas pertinentes para la instalación de estanques rústicos con base al prototipo propuesto (10 x 20 m). Se estableció el área en que se pretende implementar el primer estanque demostrativo, el cual fue trazado en el área para la construcción (Figuras 4 y 5).



PLANTA ESTANQUE



corte bordo suelo adecuado

Figura 4. Diseño de estanque rústico de 10 x 20 m que representa el prototipo de estanque diseñado para el modelo de intervención. Planta de estanque y corte de bordo (Cota en metros).



Figura 5. Trazado de estanque demostrativo de 10 x 20 m que representa el prototipo de estanque diseñado para el modelo de intervención.

Actualmente, se encuentran instaladas y operando las dos estaciones meteorológicas, en el Campus Puerto Ángel de la Universidad del Mar y en San José Chacalapa (Figura 6). Los parámetros que se están registrando y que serán compartidos y analizados periódicamente con los productores, son los siguientes: temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$), velocidad de viento (m/s), precipitación 8 (mm), presión atmosférica (mmHg), radiación solar (W/m^2) y evotranspiración (mm).



Figura 6. Estación meteorológica en San José Chacalapa, Oaxaca.

c) Talleres participativos. El primer taller participativo sirvió para identificar la línea base de conocimiento de los actores sociales sobre el cultivo extensivo de langostino *Malayo*, y a pesar de que algunos productores han recibido capacitación acuícola, el 91% de los encuestados dijo desconocer los elementos básicos para realizar el cultivo y larvicultivo de langostino *Malayo*, el tipo de agua requerida, las condiciones ambientales para el cultivo, seguimiento técnico del cultivo, y consideraciones para la construcción de un estanque rústico.

Durante los talleres los actores locales aprendieron sobre aspectos relacionados a la organización social, adecuación, rehabilitación y manejo de estanques rústicos, y cultivo de langostino *Malayo* con énfasis en obtención de postlarvas para siembra (Figura 7)



Figura 7. Actividades realizadas durante los talleres participativos. De izquierda a derecha en orden descendente: organización social, caracterización de suelos, manejo de reproductores de langostino, cultivo de alimento vivo, prueba de filtración en campo, y alimentación de larvas de langostino.

d) Reproducción controlada y producción de postlarvas de langostino *Malayo*. En total, se colectaron 40 hembras ovadas, las cuales produjeron entre 400 a 1150 larvas/gramo hembra. El periodo de cultivo larvario tuvo una duración promedio de 45 días, con un mínimo de 35 días y máximo de 60 días de cultivo. La tasa de supervivencia de las larvas hasta alcanzar el estadio de postlarva estuvo en un rango de 10 a 40%. En total se sembraron 8,800 postlarvas

e) Puesta en marcha del cultivo extensivo de langostino *Malayo*. En el periodo de septiembre y octubre se inició el cultivo extensivo al realizarse siembras en cuatro estanques rústicos y tres estanques de concreto a una densidad de 10 organismos/m². Los resultados de crecimiento del langostino que se recabarán durante el próximo año se considerarán como la línea base (Figura 8).



Figura 8. Puesta en marcha del cultivo extensivo de langostino *Malayo*. De izquierda a derecha en orden descendente: postlarva de langostino *Malayo*, embolsado de postlarvas para transporte, estanque rústico de 10 x 20 m listo para siembra, aclimatación de postlarvas, siembra de postlarvas en estanque rústico, y siembra de postlarvas en estanque de concreto.

DISCUSIÓN

Las fases que se consideraron durante el primer periodo de intervención en el área de incidencia concluyeron con resultados positivos, lo que puede ser atribuido al esfuerzo del Colectivo Malayo, quienes usaron la Investigación-Acción-Participativa como metodología de trabajo. De acuerdo con Francés-García *et al.* (2015) la Investigación-Acción-Participativa permite generar conocimiento y transformación mediante un proceso cíclico, donde existe la flexibilidad de avanzar o retroceder en las acciones que se van realizando si con ello se logra afianzar, construir o introducir nuevos conocimientos, esto después de evaluar, analizar y reflexionar sobre los resultados obtenidos.

En la fase de diagnóstico, se detectaron problemas relacionados con el apropiado desarrollo de la actividad acuícola, los cuales son justificables debido a que la acuicultura no es una actividad primaria preponderante en el área de incidencia. Por lo anterior, el modelo de intervención se consideró oportuno para ayudar a revertir los problemas existentes, y así consolidar la acuicultura rural o de baja escala, como una alternativa productiva viable, que pueda contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y al desarrollo de la población rural, debido a que puede integrarse a los procesos productivos agrícolas existentes, aun cuando la acuicultura no sea una práctica tradicional ni extendida en la región (Edwards, 2000).

La infraestructura acuícola que fue afectada por el huracán Agatha se rehabilitó para la siembra de portlarvas de langostino durante el periodo de intervención, por lo que se espera cosechar el producto en el próximo año, y con esto comenzar con el intercambio de saberes y prácticas relacionadas al procesamiento y comercialización de organismos acuícolas. El estanque demostrativo construido conforme al prototipo de estanque propuesto con el modelo de intervención, lo podrán replicar los actores sociales de acuerdo con sus posibilidades de expansión, e incidirá en su formación técnica y operativa para realizar el cultivo extensivo de langostino Malayo. López-Jiménez *et al.* (2020) sostienen que la transferencia de tecnologías en el sector agropecuario, incluida la acuicultura, es uno de los mecanismos para aumentar la productividad, lo que contribuye a la seguridad alimentaria y al arraigo de las comunidades.

Ghiso (1999) indica que el taller es reconocido como un instrumento válido para la socialización, la transformación, la apropiación, la gestión y el desarrollo de conocimientos, actitudes y competencias, de una manera participativa y pertinente a las necesidades y cultura de los participantes. Lo anterior se reflejó en los talleres participativos propuestos con el modelo de intervención; sin embargo, se observó que el principal obstáculo para su desarrollo es el factor tiempo, el cual debe adaptarse al ritmo de los actores sociales. Las actividades propuestas en los talleres participativos requieren tiempo, y no siempre las personas involucradas disponen del mismo para acudir a reuniones o para desarrollar actividades, aunado a lo anterior, el factor compromiso de

participación de los actores sociales también puede ser un obstáculo, ya que éste puede disminuir en el corto o mediano plazo (Francés-García *et al.*, 2015).

La producción de postlarvas en el Centro de Producción Demostrativo UMAR fue suficiente para sembrar los estanques habilitados y poner en marcha el cultivo extensivo de langostino *Malayo* en el área de incidencia. Cabe mencionar que uno de los estanques sembrados se ubica en el municipio de Pluma Hidalgo, lo que puede tomarse como la primera experiencia de replicación del cultivo fuera del área de incidencia. Asiain-Hoyos *et al.* (2020) mencionan que a pesar de que el langostino *Malayo* no es nativo de México, su cultivo, en zonas rurales, se considera positivo ya que cuenta con un paquete tecnológico de cultivo establecido, además es una alternativa en el corto plazo, para atender la demanda de alimentos acuáticos de la población rural y para disminuir la presión que ejerce la pesca sobre el recurso natural y dar impulso a su recuperación, a la vez que se concluye con la domesticación de especies nativas para cultivo.

CONCLUSIONES

El modelo de intervención comunitario generó resultados en cuanto a organización social, construcción horizontal del conocimiento, rehabilitación de infraestructura acuícola, puesta en marcha del cultivo extensivo del langostino *Malayo*, y replicación del cultivo de langostino fuera del área de incidencia, por lo que se considera que los cinco ejes de acción del modelo fueron considerados durante este primer año. Como el modelo de intervención se sustenta en la metodología de Investigación-Acción-Participativa la planeación de las actividades a desarrollar en los próximos dos años partirán del proceso reflexivo de los resultados antes mencionados para que en el mediano plazo se contribuya a resarcir el debilitamiento del autoabasto alimentario de pescados y mariscos de las comunidades rurales y la falta de circuitos de producción locales de alimentos de origen acuícola.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México, por el financiamiento del Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia para la soberanía alimentaria número 321313. A Eduardo Ramírez, Marvín Martínez, Elizabeth Gutiérrez, Jennyfer Pérez y Pablo Méndez, por la asistencia técnica durante el cultivo larvario de langostino *Malayo*.

REFERENCIAS

- Alberich, T.N. (2008). IAP, redes y mapas sociales: desde la investigación a la intervención social. *Portularia*, 3: 131-151.
- Asiain-Hoyos, A., Reta-Mendiola, J. L., García-Sánchez, A. I., & Domínguez-Mora, J. (2020). The Tilapia-Prawn Polyculture: Its Development in Mexico. *Agro productividad*, 13: 31-36.
- Boyd, C.E., D'Abramo, L.R., Glencross, B.D., Huyben, D C., Juarez, L.M., Lockwood, G. S., ... Valenti, W.C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51: 578-633.
- Edwards, P. (2000). *Aquaculture, poverty impacts and livelihoods*. Overseas Development Institute. Publication 56.
- FAO (2021). Año Internacional de la Pesca y la Acuicultura Artesanales. Plan de Acción Mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 30 pp.
- Francés-García, F., Alaminos-Chica, A., Penalva-Verdú, C., Santacreu-Fernández, Ó. (2015). *La investigación participativa: métodos y técnicas*. Ecuador, Pydlos ediciones. 151pp.
- Gallardo-Collí, A. Torres-Hernández P., Pérez Rostro, C.I., Martínez-Castro C.J. (2021). Cultivo extensivo de langostino Malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) en comunidades rurales de San Pedro Pochutla, Oax., para el autoconsumo y abasto popular” Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los Sectores Social, Público y Privado”. Proyecto 316990. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 40 p. (Sin considerar los anexos).
- García, E. (2004), *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6*, Instituto de Geografía, UNAM, México. 90pp.
- Ghiso, A. (1999). Acercamientos: el taller en procesos de investigación interactivos. *Estudios sobre las culturas contemporáneas*, 9: 141-153.
- Gobierno Municipal San Pedro Pochutla. (2019-2021). Plan Municipal de Desarrollo Sostenible. 301 pp. <https://sanpedropochutla.gob.mx/2022/TRANSPARENCIA/324.pdf> Consultado 25 de noviembre de 2022,
- López-Jiménez, N.L., Maldonado-Romo, A., Álvarez-González, C.A., Peña-Marín, E.S., Fernández-Montes de Oca, A. (2020). Participación comunitaria en la transferencia tecnológica de un sistema acuícola de peces nativos. *JAINA, Costas y Mares ante el Cambio Climático*, 2: 31-46.
- Rosales-Inzunza, S., Acevedo-Valerio, V.A. (2012). Reflexiones para el diseño de una política acuícola exitosa en México. *Región y sociedad*, 24: 63-96.
- SMN, 2022. El centro de Agatha tocó tierra en La Redonda, San Pedro Pochutla, Oaxaca. Prensa. Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.gob.mx/smn/prensa/el-centro-de-agatha-tocó-tierra-en-la-redonda-303887> Consultado 25 noviembre de 2022.

Solís-Narváez, N. (2015). Hacia la investigación multidisciplinar e interdisciplinar: Reflexión sobre la aplicación de metodologías participativas y la investigación acción participativa en las ciencias sociales. *Revista Humanismo y Cambio Social*, 5: 74-82.



Evaluación de bacterias marinas aisladas de costas del sur de Sonora, México, y su potencial utilización como probiótico y antagonista para *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*

Evaluation of marine bacteria isolated from the coast of southern Sonora, Mexico, and its potential use as a probiotic and antagonist for *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei*

Karla Soto-Marfileño, Zinnia Molina-Garza,
Lucio Galaviz-Silva*

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas,
Departamento de Zoología de Invertebrados, Laboratorio de Patología
Molecular y Experimental, México

Lucio Galaviz-Silva  lucio.galavizsl@uanl.edu.mx

RESUMEN. El camarón de cultivo en México ha tenido un crecimiento importante. En el 2021 se registró una producción de 227 mil toneladas de camarón generando una ganancia de 1000 millones de USD. Sin embargo, desde 2013, granjas al noreste del país han registrado mortalidades causadas por la bacteria *Vibrio parahemolyticus*, causante de la enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND). Esta enfermedad ha causado mortalidades de hasta del 100% de los camarones infectados por lo cual ha dado inicio de nuevas alternativas para su tratamiento, ya que el uso indiscriminado de antibióticos ha generado resistencia en las bacterias. Una de estas alternativas es el uso de probióticos, los cuales les brindan al camarón protección contra patógenos mediante distintos mecanismos como lo son la exclusión competitiva, producción de sideróforos, entre otros. Los probióticos potenciales que se han analizado fueron los aislados Y100, E2.1, J1, G2 y 32a, ya que inhibieron el crecimiento de *V. parahaemolyticus*, presentan enzimas que potencialmente pueden lograr una mejoría en la digestión del alimento por parte del camarón (amilasas, proteasas y celulasas), así como la inhibición de la formación de biofilms en el caso de Y100, y resultaron ser no tóxicas en *Artemia salina* cuando se administraron en distintas combinaciones.

Palabras clave |

probiótico,
camarón blanco,
Vibrio parahaemolyticus,
AHPND.

ABSTRACT | Farmed shrimp in Mexico has had significant growth. In 2021, there was a production of 227 thousand tons of shrimp, obtaining a profit of one billion USD. However, since 2013, farms in the northeast of the country have registered mortalities caused by the bacterium *Vibrio parahaemolyticus*, which causes acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). This disease causes mortality of up to 100% of the infected shrimp, so alternatives have been sought for its treatment, since the indiscriminate use of antibiotics has generated resistance in bacteria. One of these alternatives is the use of probiotics, which provide shrimp protection against pathogens through different mechanisms such as competitive exclusion, production of siderophores, among others. The potential probiotics were found in the isolates Y100, E2.1, J1, G2 and 32a, since they present desirable characteristics for their use, they inhibited the growth of *V. parahaemolyticus*, presenting enzymes that could improve digestion of food by the shrimp (amylases, proteases and cellulases), as well as the inhibition of the formation of biofilms in the case of Y100, and they show non toxicity in *Artemia salina* when they were administered in different combinations as probiotic treatment.

Keywords |
Probiotics,
white shrimp,
Vibrio parahaemolyticus,
AHPND.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura en México ha tenido un crecimiento importante gracias al camarón de cultivo. Tan solo en el 2016, en México se cultivaron 129,049 toneladas de camarón, representando esto una tercera parte del volumen total de producción acuícola nacional (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, 2018). En el 2021, en México se cultivaron 227 mil toneladas de camarón, de la cual el 78% proviene de granjas acuícolas, generando una ganancia de 1000 millones de USD (Veterinaria Digital, 2022).

Aunque la producción de camarón en el país ha incrementado notablemente, su cultivo es afectado por diversos agentes infecciosos, como bacterias patogénicas del género *Vibrio*, causándoles una enfermedad llamada vibriosis (Soto-Rodríguez *et al.*, 2015). Esta enfermedad produce lesiones necróticas en el tejido de organismos infectados (Jiravanichpaisal & Miyazaki, 1994).

En el 2013, camarones de granjas al noreste de México se vieron afectadas por mortalidades causadas por *Vibrio parahaemolyticus* causándoles una enfermedad llamada necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), provocando pérdidas económicas de más de 2.5 millones de pesos, además, se observó una falta de respuesta a antibióticos utilizados comúnmente en granjas camaroneras, dando lugar a una baja en la producción de 80 a 14 mil toneladas (Soto-Rodríguez *et*

al., 2015), por lo que se han buscado alternativas a su utilización. Una de estas es la utilización de microorganismos probióticos, los cuales pueden inhibir patógenos mediante la producción de compuestos antagonistas y/o por exclusión competitiva, entre otros mecanismos (Das *et al.*, 2008).

Debido a lo anterior, el desarrollo de este trabajo de investigación permitirá plantear una estrategia de control biológico, mediante la evaluación, en condiciones *in vitro* e *in vivo* de la capacidad antagonista de aislados bacterianos de ecosistemas marinos contra *V. parahaemolyticus*, agente causal de la AHPND en cultivos de camarón.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Evaluación preliminar *in vitro* de la actividad antagonista

El ensayo preliminar para la actividad antagonista de los aislados fue el método de difusión en pozos de agar. La superficie de cajas Petri con TSA 2% NaCl se inocularon con 100 μL de la cepa 756 (*Vibrio parahaemolyticus* AHPND) a una densidad de $1,5 \times 10^7$ UFC mL^{-1} . Luego, asépticamente con una punta de micropipeta amarilla estéril (200 μL), se perforó un orificio y se agregaron 100 μL de cada cepa a una densidad de $1,5 \times 10^7$. Las placas se incubaron a 30°C por 24 h, se evaluó la existencia de halos de inhibición y se midieron con el software ImagenJ. Las cepas bacterianas que formaron halos de inhibición se seleccionaron para realizar más pruebas.

2. Actividad hemolítica

Para esta prueba, se sembró una colonia fresca y aislada mediante estrías cruzadas en agar sangre (5% sangre de carnero) (Becton Dickinson). Las placas se incubaron a 30°C durante 24 h y se registró el patrón de hemólisis (Baron *et al.*, 1994).

2.1. Actividad enzimática

Se observó producción de proteasa en placas TSA (Difco) con leche descremada al 2,5% (Sánchez *et al.*, 2004). Para determinar las amilasas, se sembraron placas Mueller-Hinton (Difco) (1,5% de almidón) y se reveló el halo de degradación al agregar Lugol a la placa después de 24 h de incubación (Lealem y Gashe, 1994). La actividad celulolítica se realizó en Medio Mínimo adicionando carboximetilcelulosa (CMC) (Sigma) al 2%, respectivamente. La actividad de celulasa se reveló con rojo Congo (Sánchez *et al.*, 2004). La capacidad enzimática/hidrolítica de las cepas se observó por la formación de halos alrededor de las colonias.

3. Ensayos de actividad antagonista

Se realizaron pruebas para evaluar la capacidad antagonica de las cepas seleccionadas en medios de cultivo sólidos.

3.1 Ensayo de actividad antagonista.

Para determinar la capacidad antagonica de los aislados, se inoculó en una placa de Petri con agar Mueller-Hinton 50 μL de *V. parahaemolyticus* AHPND 756 y se incubaron 2 horas a 30°C. Posteriormente se inoculó en la superficie de la placa de Petri una unidad volumétrica con una puntilla de 200 μL de la cada aislado, cultivada previamente por 24 h en TSB 2% NaCl a 30°C. El ensayo se realizó por triplicado y se midieron los halos de inhibición utilizando el software ImageJ producidos por los aislados; como control negativo se evaluó el efecto de las bacterias sin el aislado (datos no publicados).

3.2 Ensayo de doble capa

Se inoculó en la superficie de la placa de Petri una unidad volumétrica con una puntilla de 200 μL de la cada aislado, cultivada previamente 24 h en TSB 2% NaCl, con agar Mueller-Hinton (Difco) al 2 % de NaCl, y se incubaron durante 24 h a 30 °C. Posteriormente, se añadió una segunda capa de 10 ml de agar Mueller-Hinton semisólido inoculado con 100 μL de cada cepa patógena *V. parahaemolyticus* AHPND 756. Después de 24 h de cultivo a 30°C, se observó un halo de inhibición y se midió utilizando el software ImageJ. El ensayo se realizó por triplicado y como control negativo se evaluó el efecto de las bacterias patógenas sin los aislados (Avendaño-Herrera *et al.*, 2005).

4. Ensayo de ruptura de biofilm

Se investigó la capacidad de los sobrenadantes para prevenir o destruir el desarrollo de biofilms preformados. Una alícuota de 100 μL con una $\text{OD}_{560} = 0,02$ ($1,0 \times 10^6$ UFC mL^{-1}) de *V. parahemolyticus* AHPND 756 (ATCC 27853), se añadieron en placas de microtitulación individuales de 96 pocillos de fondo plano y se incubaron a 30 °C durante 24 h (fase de fijación irreversible) o 48 h (biopelícula madura) sin agitación para el desarrollo de biofilm. Después de los respectivos períodos de incubación, se agregaron alícuotas de 100 μL de sobrenadantes de los aislados tras 24 horas de incubación a 150 rpm 30°C⁻¹ previamente filtrados (0.22 μm , Milipore) en los pocillos de placas de microtitulación de 96 pocillos y se incubaron a 30°C durante 24 h. Como control negativo se utilizó a *V. parahaemolyticu* AHPND 756 sin sobrenadante. La biomasa del biofilm se analizó mediante el ensayo de tinción con cristal violeta (CV; Famuyide *et al.*, 2019).

5. Evaluación de sobrevivencia de nauplios de *Artemia salina* bajo diferentes tratamientos de aislados seleccionados como probióticos potenciales

5.1 Desinfección de quistes de *Artemia salina*

Un gramo quistes de *Artemia salina* (INVE®, San Diego, CA) se sumergieron en agua destilada estéril por 15 minutos. Posteriormente se colocaron en 100 mL de hipoclorito de sodio al 5% (coloro comercial por 40 segundo y se enjuagaron abundantemente con agua destilada estéril. Luego se sumergieron en 100 mL de cloruro de benzalconio al 1% (Antibenzil) durante 30 segundos y se volvió a enjuagar con abundante agua destilada estéril. Para asegurar que los quistes fueran axénicos, se tomaron 20 µL de la mezcla de agua destilada estéril y los quistes por triplicado incubados 24 h a 35°C. Se utilizaron los quistes que no presentaron crecimiento colonial para los subsecuentes experimentos (Quiroz, 2013).

5.2 Sobrevivencia de *Artemia salina*

Los quistes de *Artemia salina* fueron inoculados en 600 mL de agua destilada estéril que contenía 16 g de sal marina artificial (KENT® Marine Reef Salt) y 2 g de extracto de levadura, con un fotoperiodo constante de 24 h, a 30°C en agitación constante (130 rpm). Posteriormente se tomaron los nauplios eclosionados y se colocaron 10 nauplios por pocillo por tratamiento en triplicado, los cuales son los siguientes:

Tabla 1. Tratamientos utilizados para evaluar la sobrevivencia de *Artemia salina* frente a los aislados seleccionados como probióticos potenciales en diferentes combinaciones.

Tratamiento	Combinación de aislados
T1	G2, 32a, Y100, E2.1, J1, 36R
T2	32a, Y100, G2, J1
T3	36R, E2.1, G2, J1, 32a
T4	E2.1, Y100, G2, J1, 32a
T5	J1, Y100, 32a, E2.1
T6	HA, E2.1, 32a, J1, G2

Las combinaciones de los aislados se añadieron a una concentración de 1.5×10^8 UFC mL⁻¹ en diferentes dosis de 1 µL, 10 µL y 100 µL. Se incubaron por 24 horas a 30°C con fotoperiodo constante. Pasado este tiempo se procedió a registrar la supervivencia de los nauplios.

RESULTADOS

1. Evaluación preliminar *in vitro* de la actividad antagonista

Los resultados obtenidos para el ensayo de difusión en pozo fueron los siguientes: de 13 aislamientos, 7 presentaron zonas de inhibición (halos de inhibición) contra *V. parahaemolyticus* 756, que son E2.1, G2, G3.2, H2, H2M, J1 y Y100 (Fig. 1). El aislado que presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los aislados ensayados fue Y100, presentando un mayor halo de inhibición con respecto al resto. Los aislados mencionados anteriormente fueron los que se utilizaron para los ensayos de inhibición *in vitro* posteriores.

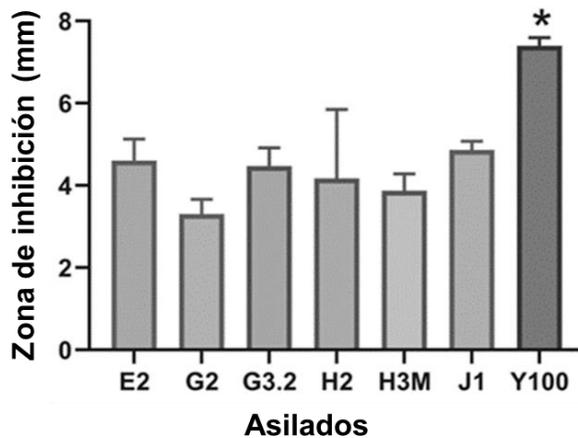


Figura 1. Diámetro (mm) del halo de inhibición de los aislamientos vs *Vibrio parahaemolyticus* 756. Los datos que se muestran son medias de tres repeticiones y las barras de error representan la desviación estándar de la media. Se realizó una ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha = 0,005$ y el método de Tukey como prueba *post hoc*.

2. Actividad hemolítica

Se determinó actividad hemolítica en los 13 aislamientos (Tabla 2). Se observó que 7 aislados, H3M, H2, G21, Y100, E2.1, HA y 43 presentaron hemólisis gamma. Por otro lado, se determinó que los aislados G2.3 y Y119 presentaron hemólisis alfa hemólisis, y los aislados G10 y J1 hemólisis beta. Finalmente, para los aislamientos 32 y G2 no se logró determinar ya que no hubo formación de colonias en agar sangre. Aunque varios aislados presentaron hemólisis alfa y beta, no se descartaron para estudios posteriores, ya que se ha evaluado que producen un lipopéptido denominado surfactina, el cual tiene la característica de ser un compuesto antibacteriano y antitumoral (Dehghan-Noude, *et al.*, 2005).

Tabla 2. Ensayos enzimáticos y de actividad hemoflica de los aislados obtenidos en costas al sur de Sonora, México.

Aislados	Proteasa	Amilasa	Celulasa	Hemolisis
H3M	-	+	-	gama
J1	-	-	+	beta
H2	-	-	+	gama
G2.1	-	-	+	gama
G2	+	+	+	N/D
G3.2	+	-	+	alfa
Y100	+	-	+	gama
Y119	-	-	+	alfa
E2.1	+	-	+	gama
G10	+	-	+	beta
HA	-	-	+	gama
32a	+	-	-	N/D
43	+	-	+	gama

(+) Resultado positivo, (-) resultado negativo, S/C = Sin crecimiento.

2.

3. Actividad enzimática

La actividad proteolítica se observó en los aislados G2, G3.2, Y100, E2.1, G10 y 32a (Fig. 2) En el caso de la actividad amilolítica, solo se observó en el aislado G2 y, finalmente, la actividad celulótica se observó en todos los aislados. excepto H3M y 32a (Tabla 2). Esta capacidad enzimática fue decisiva para seleccionar los aislados que se utilizaron para los ensayos de co-cultivo en suspensión y co-cultivo en agua de mar, así como para la selección de los aislados como cepas probióticas en los ensayos *in vivo*, ya que podían mejorar la actividad digestiva de los camarones al descomponer macromoléculas complejas durante el proceso de digestión, lo que hace que los nutrientes sean más accesibles (Kewcharoen & Srisapome, 2019).

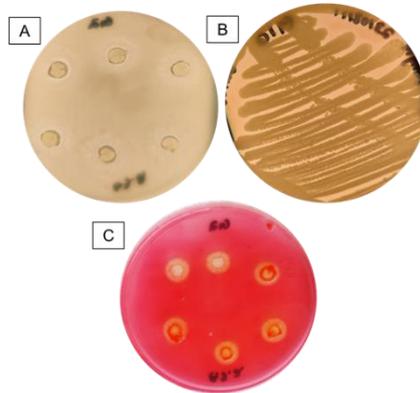


Figura 2. Ensayos enzimáticos y actividad hemolítica. A Ensayo de proteasas del aislado G2 y G3.2.B. Ensayo de actividad hemolítica del aislado G10C. Ensayo de celulastas de los aislados G2 y G3.2

4. Ensayos de actividad antagonista

4.1 Ensayo de doble capa

En el ensayo de doble capa se determinó que el aislado 43 mostró una zona de inhibición significativamente mayor ($p < 0.05$), seguido de los aislados J1 y G2, en comparación con lo obtenido en el ensayo de difusión en pozo, en el que Y100 mostró una mayor zona de inhibición (Figura 3). Los aislados que presentaron menor halo de inhibición fueron H3M, G2.1 y H2.

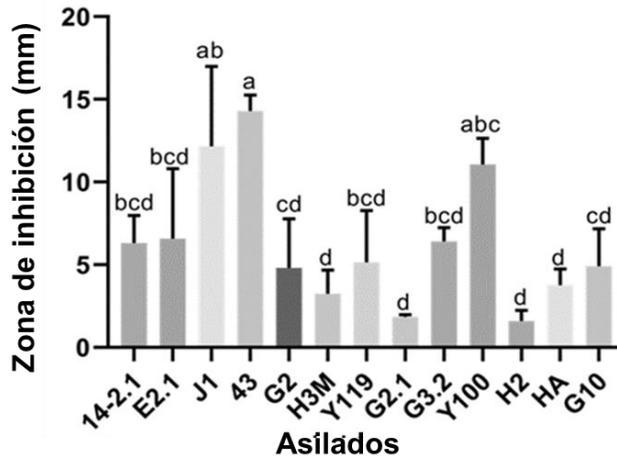


Figura 3. Ensayos de doble capa. Diámetro (mm) de zona de inhibición de los aislamientos vs Vp AHPND 756. Los datos mostrados son medias de tres repeticiones y las barras de error representan la desviación estándar

de la media. Se realizó una ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ y el método de Tukey como prueba *post hoc*. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.2 Ensayo de actividad antagonista

Se realizó otra prueba de inhibición en la que se realizaron algunas modificaciones. Este método se basa en el ensayo de difusión en pozo, en este caso se utilizaron puntas de micropipetas amarillas de un volumen de 20-200 μl para generar el mordisco utilizando el reverso de placas que tuvieron 24 horas de incubación y sembraron uniformemente. Estos bocados se colocaron en placas donde previamente se les había inoculado *V. parahaemolyticus* a una concentración de $1,5 \times 10^7$ UFC ml⁻¹. Como resultado, el aislado Y100 tuvo una zona de inhibición significativamente mayor ($p<0,05$), seguido por G2.1 y J1 (Figura 4).

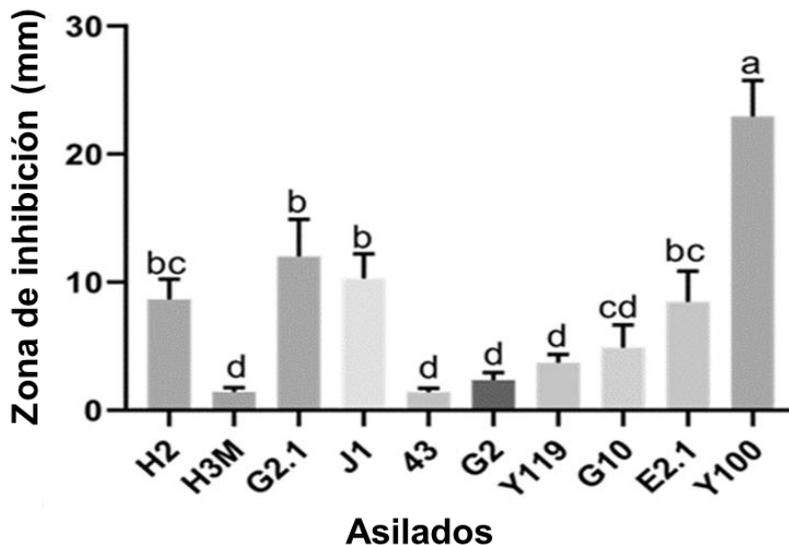


Figura 4. Ensayo de actividad antagonista. Diámetro (mm) del halo de inhibición de los aislamientos vs Vp AHPND 756. Los datos que se muestran son medias de tres repeticiones y las barras de error representan la desviación estándar de la media. Se realizó una ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ y el método de Tukey como prueba *post hoc*. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

5. Selección de aislados para ser utilizados en ensayos in vivo como microorganismos probióticos

Una vez realizadas las pruebas de antagonismo, enzimáticas y hemolíticas, se seleccionaron los aislados G2, J1, E2.1 y Y100, por presentar los mayores halos de inhibición, así como producción de enzimas relevante con la captación de nutrientes y mejora de la digestión por el camarón, rasgos que son de interés para denominar a un microorganismo como probiótico.

6. Inhibición de biopelícula preformada.

Tras 24 horas de incubación, no se observó diferencia significativa en el biofilm de 24 horas (fase de fijación irreversible) al añadir el sobrenadante libre de células de cada uno de los aislados. Sin embargo, en el biofilm de 48 horas (biofilm maduro) se determinó que el sobrenadante libre de células Y100 tuvo efecto antibiofilm ($p < 0,05$). El resto de los aislados mostró que en lugar de combatir el biofilm, este podría tener una actividad que favorezca su formación (Figura 5).

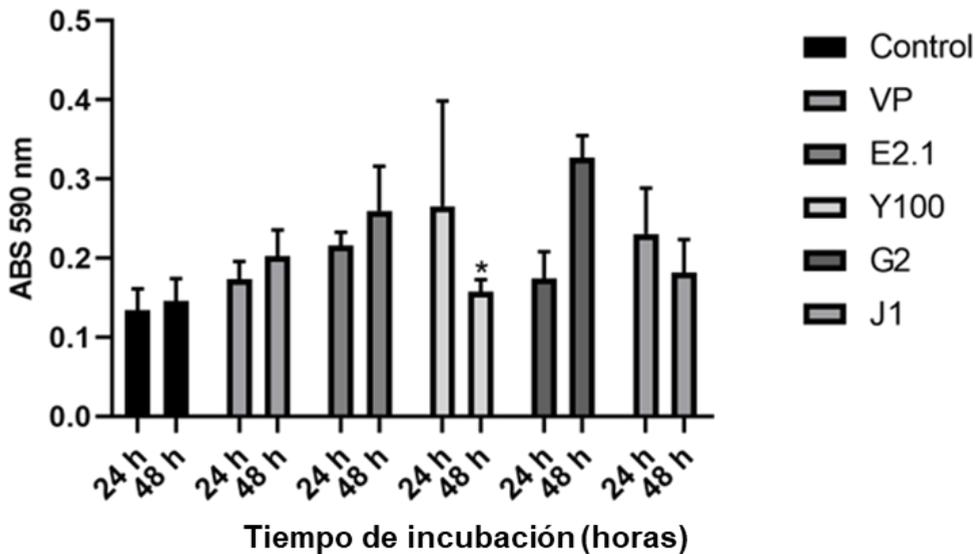


Figura 5. Inhibición del biofilm preformado. Los datos que se muestran son medias de tres repeticiones y las barras de error representan la desviación estándar de la media. Se realizó una ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ y el método de Tukey como prueba *post hoc*.

7. Sobrevivencia de *Artemia salina*

Se determinó que la combinación de los aislados y las dosis utilizadas resultaron ser seguras para el tratamiento 1 – 5 (Figura 6), ya que se presentó una mortalidad de ~1 nauplio en dichos tratamientos. El tratamiento 6 será descartado ya que presentó una mayor mortalidad de nauplios. Los tratamientos 1 – 5 serán utilizados en ensayos posteriores administrados como probióticos en camarón blanco.

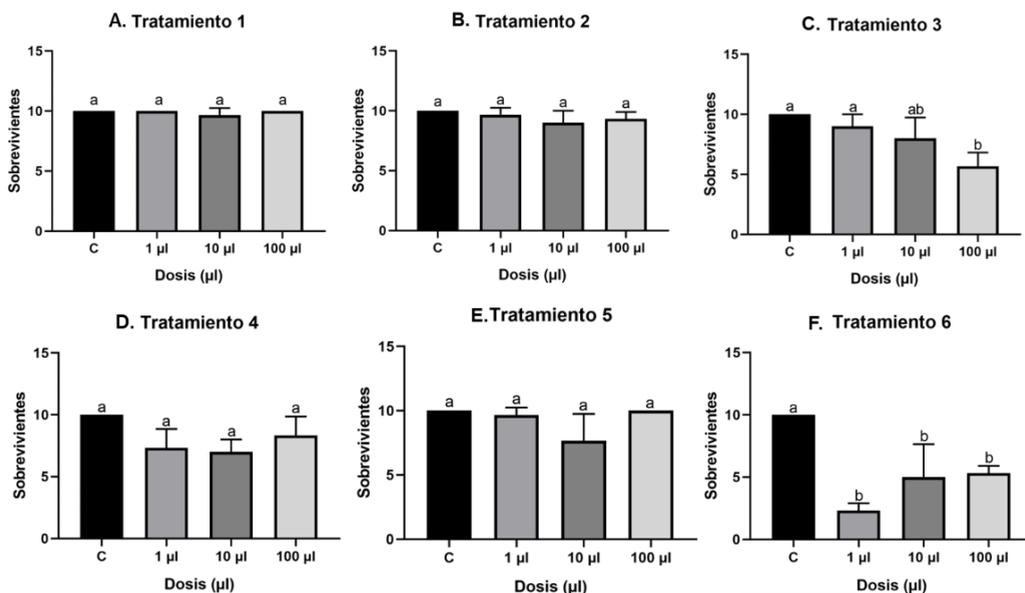


Figura 6. Sobrevivencia de nauplios de *Artemia salina* inoculados con diferentes combinaciones e aislados como probióticos potenciales. Los datos que se muestran son medias de tres repeticiones y las barras de error representan la desviación estándar de la media. Se realizó una ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ y el método de Tukey como prueba *post hoc*. Las medidas que no comparten letra son significativamente diferentes. **A.** Tratamiento 1: aislados G2, 32a, Y100, E 2.1, J1, 36R; **B.** Tratamiento 2: aislados 32a, Y100, G2, J1; **C.** Tratamiento 3: aislados 36R, E2.1, G2, J1, 32a; **D.** Tratamiento 4: aislados E 2.1, Y100, G2, J1, 32a; **E.** Tratamiento 5: aislados J1, Y100, 32a, E2.1; **F.** Tratamiento 6: aislados HA, E 2.1, 32a, J1, G2;

DISCUSIÓN

De los 13 aislados probados, los que mostraron mejor actividad inhibitoria contra *V. parahaemolyticus* 756 son Y100 y E2.1. Se han presentado reportes sobre la actividad antagónica de bacterias contra diferentes cepas de *Vibrio* sp., siendo esta una estrategia alternativa a diversos

agentes químicos y antibióticos para el control del patógeno en camarones (Chahad *et al.* 2012; Zokaeifar *et al.*, 2012). Burks *et al.* (2017) identificaron metabolitos secundarios que pueden contribuir a la capacidad antagonista a través de la producción de compuestos como las bacteriocinas que, a través de diferentes condiciones como la competencia bacteriana, liberan estas moléculas, e inhiben a otras bacterias.

Se realizaron pruebas enzimáticas y hemólisis con el fin de evaluar otros beneficios que se podrían brindar al camarón blanco como un probiótico funcional, y seleccionamos los aislamientos G2, J1, Y100 y E2.1 para ensayos posteriores, ya que además de ser antagonistas contra este patógeno podrían mejorar la actividad digestiva de los camarones al descomponer macromoléculas complejas durante el proceso de digestión, haciendo que los nutrientes sean más accesibles (Kewcharoen & Srisapoom, 2019).

Evaluamos la actividad antibiofilm de los sobrenadantes libres de células de los aislados y encontramos que Y100 y E2.1 muestran esta capacidad en biopelícula madura (biopelícula de 48 h). Las bacterias marinas son una rica fuente de compuestos bioactivos, pueden producir nuevos compuestos antibiofilm que no han sido aislados de especies terrestres (Selvin *et al.* 2009). En un estudio realizado por Nithya & Karutha (2010), evaluaron sobrenadantes de cultivos bacterianos de *Bacillus* spp. sobre la formación de biopelículas de *Vibrio* spp. Los sobrenadantes del cultivo bacteriano inhibieron la unión inicial, la formación de biopelículas y dispersaron la biopelícula madura. En el caso de nuestro estudio, los sobrenadantes libres de células de Y100 y E2.1 mostraron esta actividad, por lo que se puede considerar para su uso potencial en acuicultura.

Los tratamientos 1-5 resultaron ser seguros para su utilización en los ensayos in vivo con camarones, ya que presentaron una menor mortalidad de nauplios de *Artemia salina*. En un estudio realizado por Quiroz *et al.* (2013), utilizando *Artemia franciscana* y una metodología similar al presente trabajo, proponen este ensayo como un criterio importante para demostrar que estas cepas que serán utilizadas como probióticos potenciales son seguras de utilizar con organismos cultivados.

CONCLUSIONES

Los probióticos potenciales que encontramos fueron los aislados Y100, E2.1, J1, G2, HA y 32a, ya que presentan características deseables para su uso ya que inhibieron el crecimiento de *Vibrio parahaemolyticus*, además de presentar características deseables como enzimas para mejorar la digestión del alimento por parte del camarón (amilasas, proteasas y celulasas), así como la inhibición de la formación de biofilms en el caso de Y100 y resultaron tener una mortalidad baja en *Artemia salina*.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca proporcionada para el Doctorado en Ciencias con acentuación en Microbiología para Karla A. Soto Marfileño. El proyecto fue financiado por INFRA-CONACyT con el proyecto 2015-253336 y CONACYT-FOINS (N° 3157) “Evaluación de la actividad antagonista de bacterias aisladas de ecosistemas marinos contra *Vibrio parahaemolyticus*, agente causal de la enfermedad de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND) en cultivos de camarón” y PAICYT-UANL-SA1588-21.

REFERENCIAS

- Avendaño-Herrera, R., M. Lody, y C.E. Riquelme. (2005). Production of inhibitory substances among bacterial biofilms on marine substrates. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40:117–125.
- Burks D., Norris S., Kauffman K., Joy A., Arevalo P., Azad R., Wildschutte H. (2017). Environmental vibrios represent a source of antagonistic compounds that inhibit pathogenic *Vibrio cholerae* and *Vibrio parahaemolyticus* strains. *Microbiology Open*, 6(5).
- Chahad O., Bour M., Calo-Mata P., Boudabous A., Barros-Velázquez J. (2012). Discovery of novel biopreservation agents with inhibitory effects on growth of food-borne pathogens and their application to seafood products. *Research in Microbiology* 163(1):44-54.
- CONAPESCA. (2018). Cultivo de camarón, producción acuícola de calidad. [En línea] 19 de Febrero de 2020: (<https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cultivo-de-camaron-produccion-acuicola-de-calidad?idiom=es>)
- Das, S., Lyla, P.S., Ajmal, Khan, S. (2008) Distribution and generic composition of culturable marine actinomycetes from the sediments of Indian continental slope of Bay of Bengal. *Chin J Oceanol Limnol* 26:166–177.
- Dehghan-Noude, Gholamreza, Housaindokht, Mohammad, Bazzaz, Sedigheh. (2005). Isolation, characterization, and investigation of surface and hemolytic activities of a lipopeptide biosurfactant produced by *Bacillus subtilis* ATCC 6633. *Journal of microbiology* (Seoul, Korea). 43. 272-6.
- Famuyide I., Aro A., Fasina F., Eloff J. y McGaw L. (2019). Antibacterial and antibiofilm activity of acetone leaf extracts of nine under-investigated south African *Eugenia* and *Syzygium* (*Myrtaceae*) species and their selectivity indices. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19:141.
- Jiravanichpaisal P., Miyazaki T., Limsuwan C. (1994). Histopathology, Biochemistry, and Pathogenicity of *Vibrio harveyi* Infecting Black Tiger Prawn *Penaeus monodon*. *Aquatic Animal Health*, 6(1):27-35.

- Kewcharoen W. y Srisapoome P. (2019). Probiotic effects of *Bacillus* spp. from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on water quality and shrimp growth, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strains). *Fish Shellfish Immunology*, 94:175-189.
- Lealem F. Gashe B. (1994). Amylase production by a Grampositive bacterium isolated from Nithya C., Devi M., Karutha Pandian S. (2011). A novel compound from the marine bacterium *Bacillus pumilus* S6-15 inhibits biofilm formation in Gram-positive and Gram-negative species. *Biofouling*, 27(5), 519–528.
- Quiroz E. (2013). Control de *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio harveyi* durante la producción de nauplios de *Artemia franciscana* mediante un consorcio de bacterias probióticas y fagos. Tesis doctoral, Instituto Politecnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México. 198 pp.
- Selvin J., Shanmughapriya S., Gandhimathi R., Kiran G., Rajeetha T., Natarajaseenivasan K, Hema T. (2009). Optimization and production of novel antimicrobial agents from sponge associated marine actinomycetes *Nocardiopsis dassonvillei* MAD08. *Appl Microbiol Biotechnol* 83:435–445.
- Soto-Rodríguez, S.A., Gómez-Gil, B., Lozano-Olvera, R., Betancourt-Lozano, M., Morales Covarrubias, M.S. (2015). Field and Experimental Evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the Causative Agent of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease of Cultured Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Northwestern Mexico. *Appl Environ Microbiol*. 81(5): 1689– 1699.
- Veterinaria Digital (2022). La producción de camarón en 2021 tuvo cifras positivas en Latinoamérica. [En línea]. 4 de Enero de 2022: (<https://www.veterinariadigital.com/noticias/la-produccion-de-camaron-en-2021-tuvo-cifras-positivas-en-latinoamerica/>)
- Zokaeifar H., Balcázar J., Saad C., Kamarudin M., Arshad K., Nejat N. (2012). Effects of *Bacillus subtilis* on the growth performance, digestive enzymes, immune gene expression and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 33(4): 683-689.

Comparación de Variables de Producción y Efectos en Sedimentos en Piscinas de Camarón Blanco *Litopenaeus Vannamei* Implementadas con dos Sistemas de Alimentación Automática

Comparison of Production Variables and Effects on Sediments in White Shrimp *Litopenaeus Vannamei* Pools Implemented with two Automatic Feeding

Oscar Gaviláñez-Moreno¹, Dennis Tomalá-Solano^{2*}

¹ Programa de Biología Marina de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

² Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

Oscar Gaviláñez-Moreno   oscar.gavilanezmoreno@upse.edu.ec

RESUMEN | Desde el 2020 Ecuador se ha mantenido como el primer productor y exportador de camarón en el mundo, con cerca de dos millones de libras y más de 5.000 millones de dólares en exportación. La producción de Ecuador representa más de la mitad del suministro de camarón de cultivo en el hemisferio occidental. Las inversiones en alimentación en su cultivo representan el mayor costo de producción. En este contexto, se está avanzando de manera emergente hacia la utilización de alimentadores automáticos, los cuales permiten dosificar el alimento a una frecuencia adecuada, minimizando la pérdida de nutrientes, y registrando un éxito de hasta 60% en su uso. El presente trabajo compara, de manera exploratoria, la eficiencia de dos sistemas de alimentación automáticos System AQ1 y MoafMadan en el crecimiento del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), mediante las variables de producción como; densidad de cosecha, peso, sobrevivencia, factor de conversión alimenticia, rendimiento y de calidad del suelo al final del ciclo. Los datos fueron tomados en 4 piscinas; 2 con System AQ1 y 2 con MoafMadan. En el análisis estadístico; los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$). Sin embargo, los mejores valores de las variables estudiadas se obtuvieron con alimentadores AQ1. No obstante aquellas que usaron MoafMadan fueron superiores en la densidad de cosecha. Como era de esperarse, la calidad de suelo no presentó afectaciones al exponerse a los dos sistemas de alimentación.

Palabras clave |

camarón,
acuicultura,
producción,
alimentación automática

ABSTRACT | Since 2020, Ecuador has remained the leading shrimp producer and exporter in the world, with close to two million pounds and more than 5,000 million dollars in exports. Ecuador's production accounts for more than half of the farmed shrimp supply in the Western Hemisphere. Investments in food in its cultivation represent the highest cost of production. In this context, progress is being made in an emerging way towards the use of automatic feeders, which allow the feed to be dosed at an adequate frequency, minimizing the loss of nutrients, and registering a success rate of up to 60% in their use. The present work compares, in an exploratory way, the efficiency of two automatic feeding systems System AQ1 and MoafMadan in the growth of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), through production variables such as; harvest density, weight, survival, feed conversion factor, yield and soil quality at the end of the cycle. The data was taken in 4 pools; 2 with System AQ1 and 2 with MoafMadan. In statistical analysis; the treatments did not show significant differences ($P>0.05$). However, the best values of the studied variables were obtained with AQ1 feeders. However, those that used MoafMadan were higher in harvest density. As expected, soil quality was not affected when exposed to the two feeding systems.

Keywords | shrimp, aquaculture, production, automatic feeding

INTRODUCCIÓN

Según Zamorano (2022) Ecuador en 2021 mantuvo su posición como primer productor y exportador mundial de camarón, con una producción aproximada de dos millones de libras, superando los 5.000 millones de dólares en exportación. Mientras que se proyecta que en el 2022 se mantenga esa producción en base al incremento de la producción reportado por el sector.

La alimentación constituye el elemento principal de los costos de producción (Varas *et al*, 2017). Los autores indican también que, el objetivo principal de la acuicultura y producción del camarón consiste en la obtención de biomasa y buena producción a partir de dietas equilibradas, apoyándose con una infraestructura adecuada para buenos resultados. En consecuencia, el desarrollo de mejoras prácticas de alimentación juega un papel importante para asegurar la rentabilidad (CNA, 2017). La competitividad de la acuicultura de camarón ecuatoriano necesitará de mejoras en la ejecución de los procesos de alimentación y disminución en los requerimientos de mano de obra en la producción (Allen, Ullman, Rhodes, Nvriadri, & A., 2018).

En la industria camaronera se usa con frecuencia el sistema tradicional de alimentación al voleo, para lo cual, es necesario conocer la cantidad de biomasa y el crecimiento por lo que se requiere muestreos periódicos para que el alimento no se desperdicie y sea eficiente para el camarón (NICOVITA, 1998; Ruiz & Torres 2018). Se crea entonces la necesidad de analizar si el alimento está siendo consumido o no; por lo que, a diferencia de casi todos los cultivos terrestres, e incluso

otros cultivos acuáticos, el camaronero no puede observar sus animales directamente; por lo tanto, el uso de comederos o bandejas de alimentación, donde se coloca cierta cantidad de alimento por hectárea, es importante para tener una indicación del consumo de alimentos (Bador, Dodd, Blyth, y Klotz, 2013).

Hace 2 años aproximadamente, se ha implementado la alimentación asistida por equipos especializados y software, consistente en un alimentador automático que cumple el proceso sincronizado después de una programación, con una frecuencia previamente establecida, durante el día (Ruiz & Torres, 2018; De León, 2015). Recientemente, las tecnologías se han aplicado al camarón avanzando hacia el uso de alimentadores automáticos que permiten pequeñas alimentaciones frecuentes, que contribuyen a minimizar el efecto de la lixiviación (Allen *et al.*, 2018), contribuyendo de este modo a una mejor gestión ambiental del suelo de los estanques. En Tailandia se establecieron los primeros alimentadores automáticos para camarón, donde mediante estudios realizados durante la producción se registró que tuvo una efectividad de hasta el 60% durante su uso (Ruiz & Torres, 2018; De León, 2015)

El objetivo del trabajo consistió en comparar dos sistemas de alimentación automáticos, con hidrófono (AQ1 System) y con temporizador (Moafmadan), mediante la evaluación de variables de producción del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), determinando su eficiencia durante un ciclo de producción, determinando además su impacto sobre el sedimento de las piscinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para este trabajo de investigación se basó en el trabajo de Ruiz y Torres (2018) respecto a las evaluaciones de las variables y con protocolos establecidos en la camaronera.

Localización

La granja camaronera se encuentra ubicada en el Golfo de Guayaquil, en la isla Canoa (Figura 1).



Figura 1. Mapa y ubicación geográfica de la camaronera. **Fuente:** Google Earth Pro

Equipos de alimentación

Acústico (AQ1 SYSTEM)

Es un sistema australiano autónomo que permite alcanzar, en tiempo real, las ondas sonoras bajo el agua, reconociendo la frecuencia del masticar del camarón durante la actividad de alimentación y hacer gráficos aplicando un software (Triviño y Zhinin, 2018; Varas *et al.*, 2017). Posee la capacidad de analizar y cuantificar la cantidad de alimentación de forma automática e instantánea, ajustándose adecuadamente al apetito del camarón durante todo el día, permitiendo además monitorear variables claves como temperatura y oxígeno, factores que también influyen en la alimentación. Cuando es necesario, el equipo es capaz de corregir y detener la alimentación hasta que los parámetros se hayan normalizado, permitiendo aprovechar adecuadamente el balanceado, aumentando la tasa de conversión alimenticia y disminuyendo el tiempo de cosecha (CENIACUA, 2013; Ruiz y Torres, 2018) (Figura 2).



Figura 2. Alimentadores System AQ1. **Fuente:** Gavilánez, 2021

Temporizador (MOAFMADAN)

El temporizador distribuye el alimento en ciclos de tiempo determinados, previamente programados de acuerdo a la solicitud requerida por los técnicos para garantizar una buena alimentación del camarón. Ayuda a suministrar de forma eficiente el alimento y reduce los costos

de mano de obra por lo que al final los costos de producción son menores, también mejora la supervivencia y reducción de conversión alimenticia (Ruiz y Torres, 2018) (Figura 3).



Figura 3. Alimentadores MoafMadan. Fuente: Madan Technologie

Muestréos

Se registró información de cuatro piscinas de la camaronera No. 40, 54, 13 y 67, las dos primeras implementadas con sistema automático MoafMadan, y las restantes con AQ1 SF 200, trabajando con 8 equipos por cada piscina, durante un ciclo de producción (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las piscinas, tipo de alimentador automático, número de equipos y hectáreas de las piscinas.

Piscina	Tipo de alimentador automático	N° de equipos	Hectáreas
40	MoafMadan	8	4
54	MoafMadan	8	5.22
13	AQ1	8	14.24
67	AQ1	8	14.46

Los datos de peso de los organismos fueron registrados semanalmente. La cantidad diaria de alimento balanceado a suministrar se determinó en base a tablas de alimentación establecidas por la empresa para los dos tratamientos. En el caso del alimentador AQ1, se programó de manera

temporizada en las primeras cuatro semanas de cultivo, hasta que la biomasa fue lo suficientemente importante como para ser detectada por los sensores de los equipos. La alimentación estuvo basada en balanceado con proteína cruda al 35%.

Tratamientos

Sistema AQ1 SF200: Los 8 equipos fueron recargados según la dosis de alimento balanceado establecido por la empresa. Las primeras 4 semanas fueron programados en Timer hasta alcanzar los 3 g y pasar programación Acústica, funcionando las 24 horas.

MoafMadan: Los 8 equipos fueron recargados según la dosis de alimento balanceado establecido por la empresa. Durante su ciclo de producción se establecieron ciclos de dosificación para que trabaje las 24 horas, cambiando el tiempo de aspersion a relación del aumento de la dosis de alimentación.

Inicio de Corrida: Las piscinas de engorde del camarón, pasan por una fase anterior de precría, llegando con un peso equivalente de 0.30 g. En la Tabla 2 se presenta la densidad de siembra por piscina.

Tabla 2. Densidad de siembra

Piscina	Densidad de siembra/ha
40	282706,0
54	165426,3
13	186408,9
67	157824,2

Variables: La información de variables de producción fue registrada en una hoja de Excel, semanalmente. Los valores fueron calculados con sus fórmulas respectivas:

$$\text{Densidad de cosecha} = \frac{(\text{peso total} \times 100 \text{ animales}) / \Sigma \text{Peso } 100 \text{ animales}}{\text{Área}(\text{m}^2)}$$

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{(\text{animales cosechados} / \text{m}^2) \times 100}{\text{animales sembrados} (\text{m}^2)}$$

$$\text{Peso} = \frac{\Sigma Pn_1 + Pn^2 + \dots Pn_n}{N^\circ \text{ de animales vivos}}$$

$$ICA = \frac{\text{Alimentación suministrada}}{\text{Ganancia de peso}} \quad \text{Índice de conversión alimenticia}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de cosecha}}{\text{Área (ha)}}$$

Muestreo de Suelo: La colecta de la muestra de suelo se realizó para monitorear la calidad de suelo en las piscinas semanalmente durante la corrida; para aquello la colecta fue efectuado en cuatro puntos aleatorios en la zona de alimentación y en el exterior de la misma. Con esta metodología se coloca la muestra en una gaveta de 27 litros y se evalúa la coloración, textura y olor de acuerdo a la escala establecida por la empresa (Tabla 3).

Tabla 3. Escala para el análisis del estado del suelo

ESCALA- ANÁLISIS DE ESTADO	
Categoría	Descripción
Suelo Reducido	Suelo Negro y Apestoso
Suelo Ligeramente Reducido	Suelo Negro y Sin Olor
Suelo Blando	Suelo Flojo
Suelo Sano	Suelo Duro, Buen Estado

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico no paramétrico de Mann Whitney con un nivel de confianza del 95 % ($P < 0.05$). Se realizó el análisis de coeficiente de correlación de Spearman entre las variables continuas. Se emplearon estos análisis estadísticos porque que no cumplían con la variable de normalidad. Para el análisis de datos se utilizó Microsoft Office Excel 2019.

RESULTADOS

Peso de Cosecha

No se presentaron diferencias significativas entre los alimentadores automáticos; obteniendo el peso promedio de cosecha de 25,66 g en MoafMadan y 27,63 g en AQ1 (Tabla 4).

Tabla 4. Peso de cosecha y días de producción de los dos tratamientos de alimentadores automáticos; Rs: Coeficiente de correlación de Spearman, asociación positiva

Piscina	Tratamiento Tipo Alimentador	Días producción	Peso cosecha (g)
40	MoafMadan	93	20,58
54	MoafMadan	117	25,66
13	AQ1	87	21,61
67	AQ1	107	27,73
Rs			0,67

Densidad final

La densidad final de cultivo de camarón (Tabla 5) de los dos tratamientos aplicados en las 4 piscinas, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$).

Tabla 5. Densidad final en las piscinas, empleando los dos tratamientos.

Piscina	Tratamiento Tipo Alimentador	Densidad Ind/m ²
40	MoafMadan	14
54	MoafMadan	11
13	AQ1	12
67	AQ1	12

Sobrevivencia

No se presentó diferencia en la sobrevivencia (Tabla 6) entre los tratamientos estudiados.

Tabla 6: Densidad final y sobrevivencia de los tratamientos estudiados: Rs: Coeficiente de correlación de Spearman, asociación negativa

Piscina	Tratamiento Tipo Alimentador	Densidad Ind/m ²	Sobrevivencia %
40	MoafMadan	14	50
54	MoafMadan	11	65
13	AQ1	12	68
67	AQ1	12	78
Rs			-0,20

Factor de Conversión Alimenticia “FCA”:

Los FCAs obtenidos en las piscinas experimentales, no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Para el tratamiento AQ1, registra menor factor de conversión alimenticia (FCA) 1.44 (piscina 13) y fue mayor en MoafMadan 1.49 (piscina 40) (Tabla 7).

Tabla 7. Factor de conversión alimenticia en los tratamientos

Piscina	Tratamiento Tipo Alimentador	FCA
40	MoafMadan	1,49
54	MoafMadan	1,89
13	AQ1	1.44
67	AQ1	1.60

Rendimiento

El rendimiento de producción de camarón en las piscinas experimentales (Tabla 8), no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) con los alimentadores del estudio.

Tabla 8. Rendimiento de los cuatros piscinas sometidas a los tratamientos

Tratamiento	Tipo Alimentador	Rendimiento Kg/ha
40	MoafMadan	2909,0
54	MoafMadan	2759,1
13	AQ1	2739,2
67	AQ1	3372,7

Calidad de Suelo

No se observó afectación en la calidad de suelo al final del ciclo, para ninguno de los tratamientos. Durante los muestreos realizados se observó un suelo con una categoría “Blando” cuya descripción es tipo flojo, el mismo que no presentaba olor, ni se encontraba en proceso de descomposición.

Para el tratamiento MoafMadan se registra para la piscina 40, con el suelo ligeramente reducido, con descripción; suelo de color negro, pero sin presentar olor e iniciando un proceso de descomposición (Tabla 9).

Tabla 9: Muestreo del estado del suelo, al final de ciclo de producción.

CATEGORIA	TRATAMIENTO			
	AQ1		MoafMadan	
	PISCINA	PISCINA	PISCINA	PISCINA
	13	67	40	54
SUELO REDUCIDO				
LIGERAMENTE REDUCIDO			X	
SUELO BLANDO	X	X		X
SUELO SANO				

DISCUSIÓN

Con respecto al peso de cosecha, Ruiz & Torres (2018) mencionan que el peso obtenido está relacionado con los días de producción, quienes obtuvieron diferencia significativa ($P < 0.05$) únicamente para el tratamiento MoafMadan atribuyendo 83 días de producción con un peso de 14,27 g; mientras que en la presente investigación, en el tratamiento MoafMadan, el ciclo de producción duró 93 días y se obtuvo un peso de 20,58 g a diferencia lo que se registró con alimentadores AQ1 en 87 días donde el peso fue de 21,61 g. Estos resultados proporcionan la efectividad del alimentador automático AQ1 en función al número de días, dado que se obtiene una mayor ganancia en peso.

Estudios realizados por Allen *et al.* (2018) registran que utilizando alimentadores AQ1, con 93 días de producción de cultivo, obtuvieron un peso promedio de 32 g. Bador *et al.* (2013) aplicaron alimentadores acústicos en un cultivo de camarón en Tailandia, obteniendo mayor valor en ese tratamiento 24.0 g vs alimentación tradicional 19.5 g.

El estudio realizado por Bravo & Santos (2019) en el cual, para el tratamiento AQ1 y la alimentación tradicional la cantidad de individuos cosechados fueron similares. Sin embargo, Torres y Ruiz (2018) presentaron diferencias significativas, donde el tratamiento MoafMadan obtuvo una densidad de 12.64 individuos/m² superando al tratamiento AQ1, logrando una mayor cantidad de animales por metro cuadrado versus el sistema de voleo. Esto corrobora con los resultados obtenidos en el presente estudio con el alimentador MoafMadan donde la piscina 40; reporta 14 individuos por m², superando al tratamiento AQ1 con 12 individuos por m² (piscina 13).

Con respecto a la sobrevivencia, Varas *et al.* (2017) realizaron una comparación entre alimentación sistematizada vs alimentación al voleo, donde obtuvieron el 85 % de sobrevivencia en los alimentadores sistematizados y 50% para la alimentación tradicional. Mientras que Naranjo (2016) registra un 73 % de sobrevivencia con alimentadores AQ1 al final del ciclo de producción lo que concuerda con el resultado de esta investigación del tratamiento AQ1 en el caso de la piscina

67 con 78 % de sobrevivencia y para el tratamiento MoafMadan 50%. Sin embargo, este mismo autor se obtuvo una correlación positiva ($p= 0,042$) entre la densidad de siembra y la sobrevivencia, lo que difiere con el actual estudio donde la relación fue significativamente negativa ($p= -0,20$). Se puede atribuir a lo mencionado por Naranjo (2016) a medida que aumenta la densidad, disminuye la sobrevivencia.

Ruiz y Torres (2018), obtuvieron mejor sobrevivencia en el tratamiento MoafMadan, 57 %, mientras que en el tratamiento AQ1 no presenta diferencias. A su vez Molina y Espinoza (2020) indican que no hubo diferencias de sobrevivencia al final de ciclo, al someterlos a alimentadores en Timer y Acústicos.

Bravo y Santos (2019) al igual que en esta investigación no obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos; AQ1 (1.52) y alimentación tradicional (1.48); en tanto que Allen *et al.* (2018) y Naranjo (2016) señalan que obtuvieron un menor FCA utilizando AQ1. Mientras que, en el trabajo realizado por Espinoza (2017) se indica que obtuvo un mejor FCA aplicando sistemas de alimentadores automáticos (1.55), a diferencia de alimentación convencional donde se obtuvo un valor de 1.90. También Ruiz y Torres (2018) registran un FCA alto para la alimentación convencional de 1.58; para MoafMadan 1.41 y de AQ1; 1.42.

El rendimiento de producción de camarón en las piscinas experimentales, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos del estudio, de manera similar a lo reportado por Bravo & Santos (2019) que, en el análisis de sus tratamientos tampoco encontraron diferencias significativas.

Por su parte, Molina & Espinoza (2020) en su estudio de eficiencia de alimentadores automáticos; indican que obtuvieron un mejor resultado de rendimiento en las piscinas expuestas a alimentadores acústicos. Corroborando estos resultados, el tratamiento AQ1 en la piscina 67, superó al tratamiento con alimentadores MoafMadan en el presente estudio.

CONCLUSIONES

Los sistemas de alimentación automática comparados no presentaron diferencias significativas en sus variables de producción. Sin embargo, se obtuvieron mejores valores absolutos de las variables estudiadas con la implementación del sistema acústico, superando en peso final de cosecha y sobrevivencia a los equipos con temporizador, no obstante, los últimos obtuvieron mejor densidad de cosecha.

En los sistemas automatizados acústicos se obtuvo un factor de conversión alimenticia y rendimiento superior a los temporizados.

Al final del ciclo de producción, los equipos automatizados no presentaron una afectación a la calidad del suelo. Los equipos automatizados acústicos demostraron un índice menor de deterioro en la zona de alimentación. Este efecto es importante en términos de sostenibilidad, puesto que, al disminuir la lixiviación de nutrientes de los excedentes alimenticios, la calidad del sedimento sufre menor impacto ambiental.

Agradecimientos

El primer autor agradece a la empresa LEBAMA S.A. por las facilidades logísticas y de operación otorgadas para el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

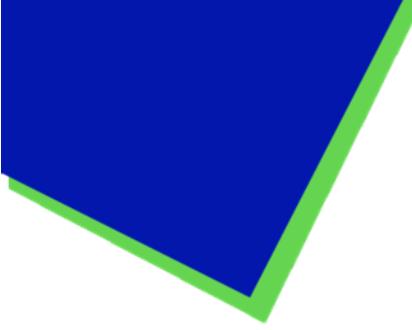
- Allen, D.; Ullman, C.; Rhodes, M.; Novriadi, R.; Swanepoel, A. (2018). Sistemas automatizados de alimentación en la producción en estanques de camarón blanco del Pacífico. Global Aquaculture Advocate. Recuperado el 5 de marzo de 2021: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/pangasius-diet-trials-show-promise-of-ddgs/>
- Bravo, L. & Santos, G. (2019). Evaluación de dos métodos de alimentación para engorde de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). proyecto de grado, Escuela Agraria Panamericana, Zamorano, Honduras. PPI
- Bador, R., Dodd, R., Blyth, P., & Klotz, E. (2013). Beneficios reales del manejo de la alimentación del camarón a partir del análisis de sonidos. *Aquacultura*, 38-39.
- CENIACUA (Convenio Especial de Cooperación de Ciencia y Tecnología). (2013). Alimentadores acústicos. Programas para el desarrollo sostenible de Acuicultura en el Caribe Colombiano. Recuperado el 04 de Marzo de 2021, de <http://www.orcca.info/assets/PDFS/Alimentadores%20acusticos.pdf>
- CNA. (2017). Nuevas inversiones en el sector de alimento para camarón: la industria fortalece. *Aquacultura*, 9.
- Córdova Briones, F. J., & Gonzabay Bailón, D. J. (2019). Dispositivo acuático IOT para alimentar y mejorar la distribución del alimento en cultivos de camarón. Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería En Sistemas Computacionales. Repositorio Institucional. Recuperado el 05 de Marzo de 2021, Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39749>
- Espinoza, S. (2017). La producción de Camarón, análisis de rentabilidad del sistema Semi-Intensivo entre alimentación tradicional y alimentación automática. Recuperado el 4 de marzo de 2021. Trabajo de titulación para Magister, Universidad de Guayaquil. Repositorio Institucional: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21673>
- Molina, C. & Espinoza, M. (2020). La extrusión del alimento combinada con tecnología de alimentación acústica, maximiza la producción en el cultivo del camarón. *Aquaculture*, 49.

- Naranjo, J. (2016). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y sobrevivencia de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Trabajo de titulación para magister. Universidad de Guayaquil. Recuperado el 3 de marzo de 2021. Repositorio Institucional: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/25231>
- NICOVITA. (1998). Métodos de alimentación. Boletín Nicovita. Obtenido de https://www.nicovita.com.pe/extranet/Boletines/may_98_01.pdf
- Ruiz, D., & Torres, R. (2018). Evaluación de eficiencia en dos sistemas de alimentación automática para engorde de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) Choluteca, Honduras. Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamora Honduras, Zamorano, Honduras.
- Varas, M., León, I., Villacis, U., & Alcivar, C. (2017). Alimentación sistematizada vs alimentación tradicional en la producción de camarón vannamei. Guayaquil- Ecuador: Polo del conocimiento.
- Zamorano (2022). Produciendo el mejor camarón del mundo. ADN Zamorano. Universidad Zamorano. Honduras. 20 de mayo de 2022: (<https://www.zamorano.edu/2022/05/20/produciendo-el-mejor-camaron-del-mundo/#:~:text=Verduga%20en%202021%20Ecuador%20se,mismo%20periodo%20del%20a%C3%B1o%20anterior.>)





CULTIVO DE MOLUSCOS



CULTIVO DE MOLUSCOS

Cultivos de ostión y esponjas en la plataforma nororiental de Cuba. Alternativas pesqueras sostenibles basadas en la protección de ecosistemas | Oyster and sponge cultures in the northeastern shelf of Cuba. Sustainable fishing alternatives based on the protection of ecosystems

Abel Betanzos-Vega, Yoandry Martínez Arencibia, José Manuel Mazón-Susategui, Gustavo Arencibia-Carballo, Rafael Tizol Correa

Efecto de la densidad y selección de tallas de semillas sobre el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) en cultivo inicial en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador | Effect of seed density and size selection on the growth and survival of the Pacific oyster *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) in initial culture in the Chone river estuary, Manabí province, Ecuador

Miranda-Chávez Gema, Pozo Romina, Vélez-Falcones Jorge, Treviño Luís, Lodeiros César

Cultivo final de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg 1793), en sistemas de cultivo de camarón, Estuario de Cojimíes, Esmeraldas, Ecuador | Final culture of the Pacific oyster *Magallana gigas* (Thunberg 1793), in systems shrimp farming, Cojimíes Estuary, Esmeraldas, Ecuador

Evelyn Vélez-Giler, María Mercedes Espinoza-Vera, Lenin Cáceres-Farias, Juan Cedeño-Zambrano, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros

Efecto en el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* bajo cultivo suspendido debido a la posición espacial de las ostras en las cestas | Effect on growth and survival of spatial position in Pacific oyster baskets *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in under suspended culture conditions

Milton Hernán Fernández-García, Mirian Andrea Mogro-Mendoza, Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros

Neoplasia en moluscos bivalvos y su efecto en la respuesta inmunológica | Neoplasia in bivalve mollusks and its effect on the immune response

Milton Montúfar-Romero, Valentina Valenzuela-Muñoz, Cristian Gallardo-Escárate

Crecimiento de caracol manzana *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) utilizando dos dietas artificiales elaboradas: con y sin adición de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, como fuente proteica | Growth of apple snail *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) using two elaborated artificial diets: with and without addition of *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, as protein source

Alejandra Torres-Ariño, Luis Gabriel Vivaldo-Patracá

Crecimiento y supervivencia en una cohorte de semillas de la ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) sembradas a diferentes tallas bajo condiciones de cultivo suspendido | Growth and survival of a seed cohort of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) sown at different sizes under suspended culture conditions

Gema Miranda-Cuaboy, Cindy Polit-Alvarado, Luís Manuel Treviño, Jorge Vélez-Falcones, Alan García, César Lodeiros

Producción de perlas mabés en la ostra perla *Pteria sterna* (Gould, 1851) en el Estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador | Mabés pearls production in the pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) in the Chone River estuary, Manabí, Ecuador

María Mercedes Espinoza-Vera, Lenin Cáceres-Farias, César Lodeiros

Cultivos de ostión y esponjas en la plataforma nororiental de Cuba. Alternativas pesqueras sostenibles basadas en la protección de ecosistemas

Oyster and sponge cultures in the northeastern shelf of Cuba. Sustainable fishing alternatives based on the protection of ecosystems

Abel Betanzos-Vega^{1*}, Yoandry Martínez Arencibia²,
José Manuel Mazón-Susategui³, Gustavo Arencibia-Carballo¹,
Rafael Tizol Correa¹

¹Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP).
La Habana, Cuba,

²Empresa Pesquera Industrial de Caibarién (EPICAI).
Caibarién, Villa Clara, Cuba,

³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR).
La Paz, B.C.S., México.

Abel Betanzos-Vega   ajesus4161@gmail.com

RESUMEN | En la plataforma nororiental de Cuba, región del archipiélago de Sabana-Camagüey, se realizan pesquerías de pequeña escala como la pesquería de ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), y de esponjas comerciales de la familia Spongiidae. Se confirman afectaciones ambientales y a la biodiversidad en la región y una tendencia decreciente en la biomasa y captura de recursos marinos pesqueros. Se analizaron y compararon los desembarques anuales promedio por décadas, para determinar las tendencias de ambas pesquerías y la situación actual, respecto a periodos antecedentes. Se aplicaron medidas de manejo adaptativas para una pesca extractiva eco-amigable, y como alternativas pesqueras se desarrolló el cultivo de ostión y de esponjas, para demostrar su viabilidad y sostenibilidad productiva y ambiental. Hubo diferencia significativa, entre décadas, en los desembarques (t) de ostión y de esponjas. La producción actual (2011-2020), de ostión y esponjas, se redujo en un 85% y un 50% respectivamente, en relación a los máximos históricos. Las técnicas eco-amigables aplicadas en ambos cultivos marinos, aportaron resultados productivos, de protección a la biodiversidad, y de beneficio a los ecosistemas.

Palabras clave |

Pesquerías,
cultivos marinos,
ostión,
esponjas.

ABSTRACT | In the northeastern shelf of Cuba, region of the Sabana-Camagüey archipelago, small-scale fisheries are carried out, such as the fishery for the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), and for commercial sponges of the Spongiidae family. Environmental and biodiversity effects in the region and a decreasing trend in biomass and capture of marine fishing resources are confirmed. The average annual landings by decades were analyzed and compared to determine the trends of both fisheries and the current situation, with respect to previous periods. Adaptive management measures were applied for eco-friendly extractive fishing, and oyster and sponge farming were developed as fishing alternatives to demonstrate their viability and productive and environmental sustainability. There was a significant difference, between decades, in landings (t) of oysters and sponges. The current production (2011-2020) of oysters and sponges was reduced by 85% and 50%, respectively, compared to historical maximums. The eco-friendly techniques applied in both marine farming provided productive results, protection of biodiversity, and benefit to ecosystems.

Keywords | Fisheries, marine aquaculture, oysters, sponges.

INTRODUCCIÓN

En la plataforma nororiental de Cuba o región del archipiélago Sabana-Camagüey (ASC), se localizan pequeñas y medianas comunidades costeras cuya principal fuente de empleo y de beneficio económico depende de la actividad extractiva pesquera estatal o comercial-privada (Betanzos-Vega y Valle, 2015). El ostión de mangle *C. rhizophorae*, ha sido un recurso pesquero con tradición en la región del ASC, que entre 1980 y 2015 contribuyó en promedio con un 8,5% anual a la producción ostrícola nacional (Betanzos-Vega y Valle, 2015). Las esponjas marinas (Spongiidae) son otro recurso pesquero en el ASC, con aportes del 47% a la producción nacional de esponjas durante 1980-2017 (Betanzos-Vega *et al.*, 2019).

En la región del ASC se confirman afectaciones a la biodiversidad y una tendencia decreciente en la biomasa y captura de recursos marinos pesqueros (Menéndez Carrera *et al.*, 2015; Betanzos-Vega *et al.*, 2018). Los desembarques anuales promedio de ostión en concha en el periodo 1980-2013 se redujeron en más de un 70% respecto al periodo 1959-1979 de máximos desembarques (Betanzos-Vega y Valle, 2015), y en el periodo 2010-2017 la captura promedio anual de esponjas disminuyó un 25% respecto a la media del periodo 1980-1999 (Betanzos-Vega *et al.*, 2018).

Las causas de la reducción de los recursos pesqueros en la plataforma nororiental de Cuba, se atribuyen a una máxima explotación pesquera, en adición a otros factores naturales y humanos que han incidido en la fragmentación o degradación de hábitats marinos costeros, con afectación en

manglares, praderas de fanerógamas marinas, y arrecifes coralinos (Alcolado y Menéndez, 1993; Betanzos-Vega *et al.*, 2018; Martínez-Daranas *et al.*, 2021). Los ostiones y esponjas son organismos filtradores, que funcionan como depuradores naturales en los ecosistemas marinos, y como sustrato o alimento para otros organismos, y promueven indirectamente el desarrollo de las comunidades marinas de manglares, arrecifes y pastos marinos, por lo que la reducción de sus poblaciones ejerce un impacto en los ecosistemas y en la biodiversidad de especies (Alcolado *et al.*, 1999; Mazon-Suástegui *et al.*, 2020).

Como parte de las acciones de protección y uso sostenible de actividades productivas, se ejecuta por el Centro Nacional de Áreas de Protegidas (CNAP) el proyecto ECOVALOR (GEF/LDCF/SCCF, 2019-2024) “Incorporando consideraciones ambientales múltiples y sus implicaciones económicas en el manejo de paisajes, bosques y sectores productivos en Cuba”. Proyecto en el que la Empresa Pesquera Industrial de Caibarién (EPICAI), que actúa en la región del ASC, y el Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP) de Cuba, tienen responsabilidad en la aplicación de medidas adaptativas para el manejo eco-amigable en las pesquerías de ostión y esponjas, con énfasis en el desarrollo de alternativas productivas que ayuden en la protección de los bienes y servicios ecosistémicos (BSE).

Para la protección y uso sostenible de los recursos pesqueros y sus hábitats, se implementaron medidas adaptativas en las pesquerías y se desarrollaron cultivos marinos comerciales, de ostricultura y esponjicultura, como medios de vida alternativos y sostenibles, en dos localidades marinas del ASC. Estos cultivos deben permitir incrementos productivos y reducir las presiones sobre los recursos pesqueros silvestres y los ecosistemas. En consonancia, el objetivo de este trabajo es aplicar medidas eco-amigables en ambas pesquerías y demostrar la viabilidad productiva y ambiental del cultivo de ostión y esponjas, como alternativas pesqueras sostenibles en la región del ASC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Las áreas de estudio se localizan en zonas marinas de interés pesquero en la plataforma nororiental de Cuba o región del Archipiélago Sabana-Camagüey (ASC). El ASC se extiende por unos 465 km, y está formado por un cordón de cayos que sirven de frontera norte a varias bahías someras con profundidades promedio de 1,2 a 3 m (Alcolado *et al.*, 1999). Las granjas de cultivo se localizan en territorios pesqueros de la provincia de Villa Clara, donde la Empresa Pesquera Industrial de Caibarién (EPICAI) y sus unidades pesqueras de base, realizan sus pesquerías. La granja de ostión se ubicó en el canal de Cañete (22°57.856'N - 079°57.943'W), un área entre cayos

con profundidad de entre 1,2 y 2 m, al norte del poblado de la Isabela de Sagua, y la granja de esponjas en una zona somera (< 1 m) y rodeada de cayos, al noreste (22°36.420'N - 078°59.160'W) de la provincia (Fig. 1).

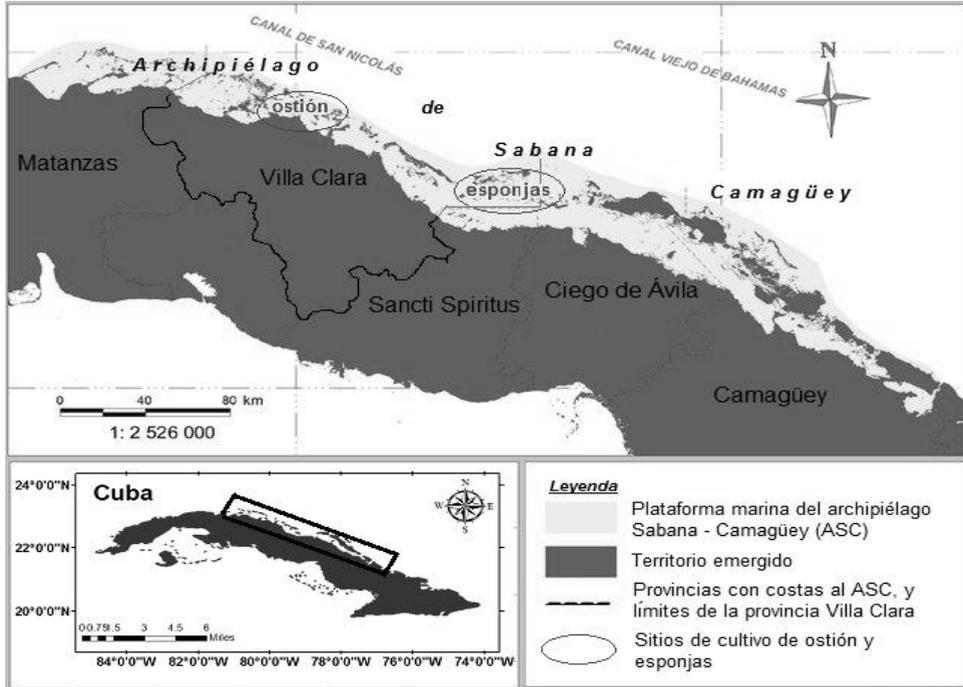


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las granjas de cultivo.

Descripción de las pesquerías extractivas de ostión y esponjas en el ASC

En el ASC, cinco barcos y 18 pescadores se dedican a la pesquería de ostión. La pesca extractiva de ostión silvestre, se basa en la recolecta de ostión *C. rhizophorae* de las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*), provoca disturbios en la zona litoral inter-mareal donde se ubican los bancos naturales, y ocurre el corte o descortezado de ramas y raíces de mangle para acceder al ostión (Mazón-Suástegui *et al.*, 2020). Se dedican a la pesca de esponjas en el ASC cuatro embarcaciones y 24 pescadores. La pesca extractiva de esponjas silvestres de la familia Spongiidae se realiza en zonas someras (1 a 6 m), en fondos arenosos o areno-rocosos, y se basa en la búsqueda de los ejemplares desde una chalupa, mediante un “mirafondo”; y cuando se encuentra una esponja se

arranca con un implemento de engarce, el "gancho", que se introduce por debajo de la esponja (Alcolado *et al.*, 2004; Betanzos-Vega *et al.*, 2019).

Metodología para analizar el estado actual de las pesquerías de ostión y esponjas

De la estadística pesquera de EPICAI se obtuvieron datos anuales (1961-2020) de desembarques comerciales (t) de ostión de mangle (*C. rhizophorae*) y de esponjas marinas (Spongiidae), y se compararon entre décadas. Se analizó la variabilidad temporal de los desembarques (t) promedio de ambos recursos pesqueros y tendencias, y el estado actual de ambas pesquerías respecto a periodos antecedentes, y se realizaron muestreos en 2022.

Metodología para la adaptación ecosistémica de la pesquería y cultivo de ostión en el ASC.

Se construyó en 2020 una granja ostrícola auspiciada por el proyecto ECOVALOR en la Isabela de Sagua cuyo cultivo artesanal de ostión imita el proceso natural. Como acciones pesqueras adaptivas para la protección del ecosistema de manglar, se establecieron medidas eco-amigables en la pesca extractiva, y se colocaron colectores suspendidos a ramas de mangle como sustrato adicional para colecta de "semillas", y posterior traslado a la graja ostrícola, y con eso evitar el corte o descortezado de raíces de mangle para acceder al ostión silvestre, y mantener el ostión del mangle como reproductor para el aporte de larvas. El cultivo artesanal de ostión se realiza a partir de la fijación, de ostrillas del medio natural, en colectores confeccionados tradicionalmente con ramas áreas del arbusto de mangle rojo (Mazón-Suástegui *et al.*, 2017).

El corte de miles de ramas de mangle para colectores ejerce un daño adicional al ecosistema de manglar, que ha sido valorado económica y ambientalmente (Betanzos-Vega *et al.*, 2022). Para prescindir del uso de ramas de mangle como colector se recomendó el uso de colectores de alambre de aluminio, y en septiembre de 2021 se colocaron 300 de estos colectores artificiales, adicional a 5000 colectores de ramas de mangle distribuidos en la granja.

En cosechas parciales (abril y agosto de 2022), se obtuvieron, datos de productividad por colector (kg ostión/colector), de una muestra aleatoria de 50 colectores de ramas de mangle y 50 de alambre. Se determinó además el rendimiento (%) en carne ($R = \text{peso de la carne de ostión obtenida} / \text{peso del ostión en su concha} \times 100$).

Metodología para la adaptación ecosistémica de la pesquería y cultivo de esponjas en el ASC.

Se capacitó a pecadores de la pesca extractiva de esponjas en el uso de cuchillos para extraer las esponjas naturales con un corte cercano a la base del sustrato, para potenciar su regeneración

(Grovas-Hernández, 2011). Por este método, se pescaron 150 esponjas “madre”, de 20 cm de diámetro promedio, y de cada una se obtuvieron en promedio unos 31 recortes de aproximadamente 6 cm (113 cm³), para un total de 4650 propágulos de esponjas. La metodología de cultivo de esponjas aprovecha su propiedad de regeneración, y se basa en el corte trasversal de ejemplares adultos en fragmentos de 4 a 8 cm (volumen de 33,5 a 268 cm³ respetivamente) para crecimiento individual (Grovas-Hernández, 2011; Pineda, 2018). Entre 12 y 23 meses de “engorde”, según especies, tallas de siembra y calidad del sitio, cada propágulo puede alcanzar un diámetro de entre 15 cm (1767 cm³) y 20 cm (4188 cm³), tallas estas factibles para comercialización, y para utilizar una parte (25%) de esa biomasa en la continuación del propio proceso de cultivo (Betanzos-Vega *et al.*, 2019).

Se aplicaron dos métodos en el cultivo de esponjas en la región del ASC, el método de “tendales” a partir del ensarte de propágulos de esponjas en líneas horizontales de monofilamento (Blanco y Formoso, 2009), y el métodos de “corrales”, con propágulos de esponjas distribuidos de forma libre en parcelas cercadas (Quirós *et al.*, 2009). En junio de 2022 se estimó la biomasa potencialidad comercial en cultivo, según cantidad de esponjas en cultivo y el peso (kg) promedio que se obtiene en captura bruta, tras limpieza y secado preliminar, por clases de talla según clasificación comercial, listas para entregar a proceso industrial (Martínez-Arencia, 2020; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020).

Metodología para los análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATGRAPHICS ® Centurion XV (Statgraphics.Net, Madrid, España), y las pruebas para determinar la normalidad de los datos [Prueba-F y verificación de la Varianza para comparar las desviaciones estándar (DE)] se obtuvieron siguiendo las recomendaciones de Zar (2019). Para comparaciones, entre décadas, de los desembarques anuales de ostión y esponjas, se utilizó un ANOVA de una vía, seguido de la prueba de comparaciones múltiples LSD (*Less Significant Difference*) de Fisher. Cuando los datos mostraron atipicidad (diferencia significativa entre las DE), se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En todas las pruebas se utilizó un valor de significación $P = 0,05$. Los valores promedio en el texto se expresan con la desviación estándar (media \pm DE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado de la pesquería de ostión en el ASC y alternativas pesqueras ecosistémicas

La variabilidad de la producción de ostión, según desembarques (t) anuales promedio de ostión en su concha, mostró tendencia a la disminución (Fig. 2). Ocurrió una drástica reducción desde la década de 1981-1990, posterior al periodo 1971-1980 cuando se alcanzaron los máximos anuales

promedio (567 ± 214 t). Tras una cierta estabilidad entre 1981 y 2010, decae la producción de ostión a valores inferiores a 100 t anuales con mínimo anual de 40 t en 2011. En el análisis por décadas, los desembarques promedio anual del periodo más reciente (2011-2020) mostraron una reducción del 85.1% respecto al periodo de máxima producción de ostión. Entre las décadas analizadas se encontró diferencias estadísticamente significativas ($KW = 46,95$; $P = 5,8142$) con un nivel del 95,0% de confianza (Fig. 2).

Desembarques de ostión por décadas (ASC)

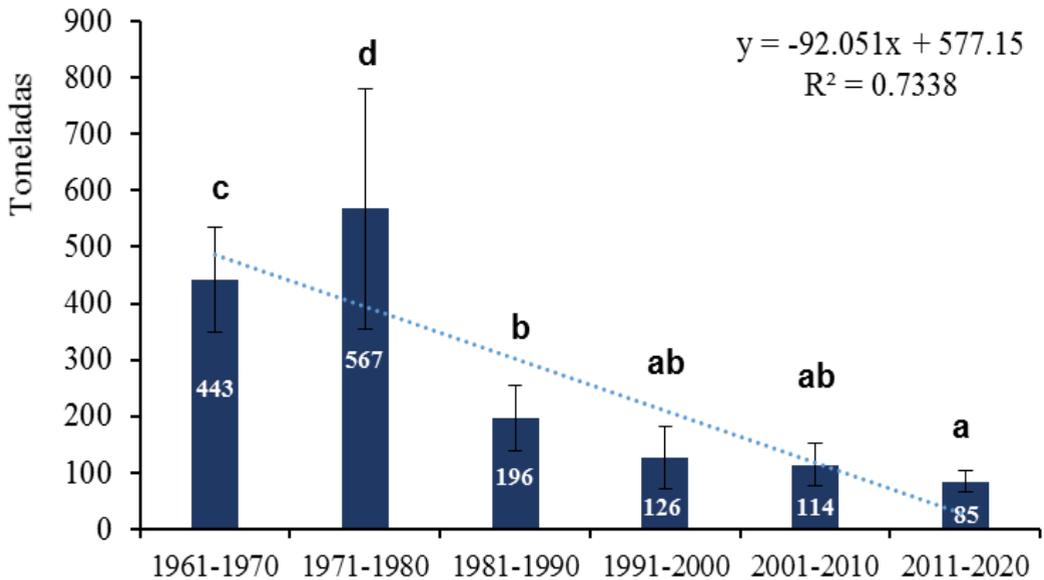


Figura 2. Tendencia de la producción de ostión en la región del ASC, variación según periodos de 10 años, de los desembarques (t) anuales promedio (valor en etiquetas de datos), y su desviación estándar. Letras desiguales (a, b, c, d) muestran resultados estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Las causas de la disminución de los desembarques anuales de ostión desde 1981, no difieren de las que afectan a otros recursos pesqueros en la región. Referidas a máxima explotación pesquera, contaminación, tormentas severas (huracanes), y represamiento de los principales ríos de la localidad (567 hm^3 de capacidad de embalse), con efectos en la salinidad y en el aporte de nutrientes a la zona costera (Valle *et al.*, 2015; Mazón-Suástegui *et al.*, 2017). Las poblaciones silvestres de *C. rizhophorae* dependen para su desarrollo y supervivencia del ecosistema de manglar, cuyas raíces y ramas de la zona inter-mareal constituyen su principal sustrato natural de fijación (Mazón-Suástegui

et al., 2017). Este ecosistema ha mostrado afectación en bosques y muerte de rodales de mangle rojo, debido a una combinación de daños físicos, altas salinidades y poca disponibilidad de nutrientes en el suelo del bosque del manglar (Alcolado y Menéndez, 1993).

La producción de ostión en la región se obtiene por dos métodos o variantes productivas, la pesca extractiva de ostión silvestre y el cultivo artesanal, y durante 2011-2020 el 90% de la producción total de ostión en el ASC provino de la pesca extractiva. La ostricultura es una alternativa pesquera ante la reducción de la abundancia natural, y una solución para la rehabilitación de las poblaciones silvestres debido al aporte de larvas, y ha demostrado su beneficio económico y ambiental (Betanzos-Vega *et al.*, 2022).

En la granja ostrícola auspiciada por el proyecto “ECOVALOR” (Fig. 3), en abril de 2022 se cosecharon 362 kg de ostión en concha con rendimiento promedio en carne de 8,3%, y 930 kg en agosto de 2022 con rendimiento en carne de 9,5%. El promedio del rendimiento en carne en ostiones procedente de los bancos naturales fluctúa entre 4,6% y 5,9% (Betanzos-Vega y Valle, 2015; Mazón-Suástegui *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos en ambas cosechas mostraron, una mayor productividad ($2,3\pm 0,8$ kg de ostión/colector) en colectores de alambre de aluminio que en colectores de ramas de mangle ($1,8\pm 0,6$ kg de ostión/colector). Según rendimiento por colector, se estimó una producción anual por cultivo de 9,7 t de ostión en concha, que podría incrementarse con la ampliación del cultivo.



Figura 3. Granja ostrícola en la región del ASC, colectores de ramas de mangle con ostiones en cultivo, y colectores de alambre de aluminio recién cosechados. (Fotos de Martínez-Arencibia).

Ostricultivos antecedentes en la región del ASC, confirman su factibilidad con el aporte anual de 25 t procedente de dos granjas de ostricultura artesanal en 2014 – 2017, periodo en que la producción promedio anual de ostión (103.6 t), fue superior en un 27% a la obtenida (75.6 t anuales) en el cuatrienio anterior (2010 – 2013). Dichas granjas fueron afectadas totalmente en septiembre de 2017 por el impacto del Huracán “Irma” de gran intensidad (Betanzos-Vega *et al.*, 2018), y actualmente se trabaja en su recuperación.

Estado de la pesquería de esponjas en el ASC y alternativas pesqueras ecosistémicas

Prácticamente el 100% de la producción de esponjas proviene de la pesca extractiva. En el análisis entre décadas, de los desembarques anuales promedio de esponjas, se encontró diferencias estadísticamente significativas (ANOVA; $F_{(4, 45)} = 12,41$; $P = 0,001$), con mayor diferencia en 2011-2020 respecto a décadas anteriores (Fig. 3). La variación, por periodos de 10 años, de los desembarques de esponjas en la región del ASC, mostró tendencia a la disminución (Fig. 4). Pero es evidente que si se elimina del análisis el último periodo (2011-2020), no habría una tendencia definida en la producción promedio anual por décadas, más bien una estabilidad, con diferencia de solo 7,6 t entre el mínimo y el máximo promedio de las anteriores cuatro décadas evaluadas. En la década 2011-2020, únicamente en 2011 la producción anual de esponjas superó las 20 t (32,6 t); los desembarques anuales promedio (12,2±9,6 t), en ese periodo, disminuyeron un 50% respecto al promedio anual (24,6±4,8 t) del periodo 1971-2010.

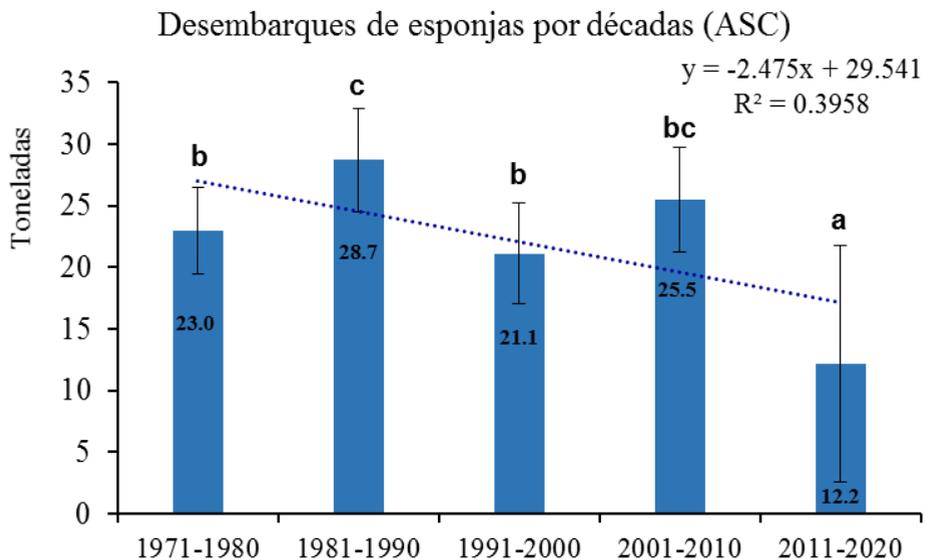


Figura 4. Tendencia de la producción de esponjas en la región del ASC, variación según periodos de 10 años, de los desembarques (t) anuales promedio (valor en etiquetas de datos), y su desviación estándar. Letras desiguales (a, b, c) muestran resultados estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

La captura media anual (33,5 t) en 2010 y 2011 fue superior en casi 10 toneladas a la captura media histórica (23,7 t) de 46 años (1971 – 2016), y debido a esa máxima explotación pesquera, a *posteriori* (2012-2014), los desembarques anuales se redujeron un 50% (12,4 – 14,7 t). En 2017, el huracán “Irma” afectó a un más la biomasa silvestre, todo lo cual conllevó a una reducción del

esfuerzo de pesca, e introducción de la esponjicultura. Se adicionan a estos factores, incrementos de temperatura, salinidad y turbidez con mayores incrementos en los cuerpos de agua costeros al este del ASC (Betanzos-Vega *et al.*, 2018). Esta situación se ve agravada por la explotación comercial y selección actual, para producción, de ejemplares con tallas de 7-12 cm y 12-20 cm de diámetro, que incluyen tamaños inferiores a la talla comercial convenida, de 15 cm de diámetro mayor, y se menciona que el decrecimiento de la abundancia y de la talla de captura pudiera afectar a otras especies asociadas, y en general a la biodiversidad (Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020).

El cultivo de esponjas es una solución pesquera adaptativa a los problemas actuales en la abundancia de ejemplares silvestres (Betanzos-Vega *et al.*, 2019; Lopeztegui-Castillo *et al.*, 2020). En la esponjicultura en la región del ASC, se aplicaron los métodos de ensarte de propágulos de esponjas en líneas horizontales de monofilamento, y el de esponjas libres o “rodadoras” en parcelas cercadas (Fig.5).



Figura 5. Granja de esponjicultura de la empresa EPICAI en la región del ASC, cultivo de esponjas ensartadas en líneas de nailon monofilamento (tendales), y de esponjas libres en parcelas cercadas (corrales). (Fotos de Martínez-Arencibia).

EPICAI menciona en existencia 88 líneas (tendales) con esponjas en crecimiento, 36 esponjas ensartadas por línea (3.168 esponjas), y unas 1.340 esponjas distribuidas en cuatro corrales de 1 ha c/u según método de esponjas libres, para un total estimado de 4508 esponjas después de nueve meses en cultivo, una sobrevivencia del 97%. Lo que debe aportar unos 405 kg de captura bruta cuando alcancen las tallas para comercialización, tras un periodo de entre 12 y 15 meses de cultivo, y según crecimiento por especies (*Hippospongia lachne*, *Spongia barbara*, *Spongia obscura*).

El cultivo de esponjas además de permitir un incremento productivo, aporta larvas al medio natural renovando las poblaciones silvestres, y funciona como alternativa sostenible a la pesca extractiva, toda vez que posibilita, desde una esponja “madre”, obtener *a posteriori* varias esponjas con una alta probabilidad (> 90%) de supervivencia (Pineda, 2018; Martínez-Arencibia, 2020).

CONCLUSIONES

La aplicación de medidas adaptativas ecosistémicas en la pesquería y cultivo de ostión en el ASC, resultó económica y ambientalmente viable, al mostrar un mayor rendimiento en carne (8-9%) en el ostión de cultivo que en el ostión silvestre (4-6%), y al obtenerse mayor productividad en el colector artificial de alambre (2.3 kg de ostión/colector), que en el colector tradicional confeccionado con ramas áreas terminales cortadas del manglar (1,8 kg de ostión/colector).

El cultivo de esponjas potenció el incremento de la biomasa pescable, sin afectar la biomasa natural, al obtenerse varias esponjas derivado del corte de esponjas “madre”, debido a su particularidad de regeneración. Considerando que de unas 150 esponjas “madre”, de 20 cm de diámetro promedio, se obtuvieron 4.650 propágulos (fragmentos) de esponjas de los cuales el 97% se mantienen en cultivo, tras nueve meses de “siembra”.

Las adaptaciones sugeridas en los métodos de pesca extractiva, y la aplicación de los cultivos de ostión y de esponjas en la región del ASC, constituyen alternativas pesqueras sostenibles, de beneficio a la biodiversidad y los ecosistemas, y reducen la presión pesquera sobre las poblaciones silvestres.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto ECOVALOR (GEF/LDCF/SCCF) por el soporte para las granjas de cultivo, y a los pescadores y cultivadores de ostión y esponjas de la región del ASC. Al Grupo Empresarial Pesquero del Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba, por su apoyo para la continuidad de estos cultivos.

REFERENCIAS

- Alcolado P.M., Menéndez L. (1993). Mortalidad masiva de manglares: un caso en el norte de Cuba. Memorias del taller El Ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Universidad de Miami.
- Alcolado P.M., García E.E., Espinosa, N. (Eds). (1999). Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camagüey. Proyecto GEF/PENUD Sabana-Camagüey CUB/92/G31. La Habana, Cuba. 145 pp.
- Alcolado P.M., Grovas-Hernández A.J., Marcos Z. (2004). General Comments on species inventory, Fisheries, Culture and some Community features of Porifera in Cuba. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Génova*, 68: 175-186

- Betanzos-Vega A., Valle S. (2015). La subsistencia de los pescadores: alternativas y prácticas sostenibles. pp 174-185. En: Menéndez Carrera, L., Arellano Acosta, M., Alcolado, P.M. (Eds) ¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencias del proyecto Sabana-Camagüey en paisajes productivos. La Habana, Editorial AMA. ISBN: 978-959-300-105-2. Impresos dominicanos, S.R.L.
- Betanzos-Vega A., Mazón-Suástegui J.M., Formoso-García M., Avilés-Quevedo, M.A. (2019). Sponge Fishery and Aquaculture in Cuba: Impacts and Challenges. Chapter 6, pp 103-117. In: Sajal Ray, G. Diarte-Plata and R. Escamilla-Montes (Eds) "Invertebrates. Ecophysiology and Management". IntechOpen Books. <https://doi:10.5772/intechopen.84785>
- Betanzos-Vega A., Puga Millán R., Valle Gómez S., Suárez Álvarez G. (2018). Situación actual de las pesquerías marinas al norte de Villa Clara, Cuba, y la calidad ambiental de sus zonas de pesca. *El Bohío*, 8(1): 27-44. Boletín electrónico ISSN 2223-8409. <http://www.portalelbohio.es>
- Betanzos-Vega A., Tripp-Quezada A., Macías-Aguilera E., Leyva-Segura A., Arencibia-Carballo G., Mazón-Suástegui J.M. (2022) Valorando bienes y servicios ambientales (BSA) del manglar en la ostricultura artesanal: Las Tunas, Cuba. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1): e2829. <https://doi.org.19136/era.a9n1.2829>
- Blanco J.C., Formoso M. (2009). La espongicultura en Cuba. *Revista ACPA*, 1: 22-23.
- Grovas-Hernández A.J. (2011). Manual de procedimientos operacionales de trabajo (POT) para mini-granjas esponjícolas atendidas por tripulaciones extractivas. Dirección Pesca, MINAL, La Habana, Cuba. 34 pp.
- Lopeztegui-Castillo A., Betanzos-Vega A., Formoso-García M. (2020). Abundancia y talla de esponjas comerciales (Spongiidae) en el Golfo de Batabanó, Cuba: actualización y recomendaciones de manejo. *Rev. Invest. Mar.*, 40(1): 72-85.
- Martínez-Arencibia. Y. (2020). Cultivo de esponjas: Alternativa pesquera sostenible. *El Bohío*, 10(7): 12-17. Boletín electrónico ISSN 2223-8409. <http://www.portalelbohio.es>
- Martínez-Daranas B., Betanzos-Vega A., Lopeztegui-Castillo A., Capetillo-Piñar N., Castellanos-Iglesias S. (2021). Influence of several stressful factors on the condition of seagrasses at Sabana-Camagüey Archipelago, Cuba. *Regional Studies in Marine Science*, 47: 101939. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101939>
- Mazón-Suástegui J.M., Rivero-Suárez S.E., Betanzos-Vega A., Saucedo P.E., Rodríguez-Jaramillo C., Acosta-Salmón H. (2017). Potential of sites in northern Cuba for developing an industry of the native mangrove oyster (*Crassostrea rhizophorae*). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(1): 218-222 2016/2017.
- Mazón-Suástegui J.M., Betanzos-Vega A., Isla-Molleda M., Alzugaray-Martínez R., García-Bernal M., Avilés-Quevedo, A. (2020). Training for Aquaculture and Fishery Activities for the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity. Chapter 14, p. 273-296. In: A. Ortega-Rubio (ed.). *Socio-ecological Studies in Natural Protected Areas*. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47264-1_14

- Menéndez Carrera L., Arellano Acosta M, Acolado P.M. (Eds.) (2015). ¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencias del proyecto Sabana-Camagüey en paisajes productivos. La Habana, Editorial AMA. ISBN: 978-959-300-105-2. Impresos dominicanos, S.R.L. 223 pp.
- Pineda L. (2018). Evaluación del cultivo de esponjas rodadoras como alternativa pesquera para la conservación en el Refugio de Fauna Las Picúas-Cayo Cristo. Tesis presentada en opción del grado de Maestro en Ciencias. Universidad Central Marta Abreu, Villa Clara, Cuba.
- Quirós A, Perdomo M.E., Rodríguez E., Silverio L. (2009) Cultivo de esponjas marinas. Manual de buenas prácticas. Resultado del Proyecto CUB/OP/2/07/09. Uso Sostenible de los Recursos Naturales en la Comunidad Costera de Carahatas; CESAM-CITMA, Villa Clara, Cuba. 15 pp.
- Valle S., Puga R., Cobas S. (2015). Disminución de las pesquerías por afectación de la biodiversidad en los ecosistemas marinos. p 164-173. En: Menéndez Carrera, L., Arellano Acosta, M., Alcolado, P.M. (Eds) ¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencias del proyecto Sabana-Camagüey en paisajes productivos. La Habana, Editorial AMA. ISBN: 978-959-300-105-2. Impresos dominicanos, S.R.L.
- Zar J.H. (2019) Biostatistical analysis. 5th Edition. Prentice Hall. New Jersey. 66 pp.



Efecto de la densidad y selección de tallas de semillas sobre el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) en cultivo inicial en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador

Effect of seed density and size selection on the growth and survival of the Pacific oyster *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) in initial culture in the Chone river estuary, Manabí province, Ecuador

Miranda-Chávez Gema, Pozo Romina,
Vélez-Falcones Jorge*, Treviño Luís,
Lodeiros César

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

Vélez-Falcones Jorge   jorge.velez@utm.edu.ec

RESUMEN | Se evaluó el efecto de la densidad y selección de tallas de semillas sobre el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* en cultivo inicial en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Se establecieron 3 tratamientos en función de un tamizado inicial con malla de 5 mm: 1) semillas filtradas con el tamiz a la densidad de $\frac{1}{4}$ de cobertura de la superficie de la base de la cesta (< 5 mm a la densidad $\frac{1}{4}$ de cobertura), 2) semillas retenidas a la densidad de $\frac{1}{4}$ (> 5 mm $\frac{1}{4}$) y 3) semillas retenidas a densidad de $\frac{1}{2}$ (> 5 mm $\frac{1}{2}$). En cada desdoble las ostras fueron contabilizadas para estimar la supervivencia, y las réplicas se mantuvieron a la misma densidad de cobertura del piso de la cesta de cultivo. Los resultados muestran un efecto significativo de la densidad, ya que los organismos seleccionados inicialmente > 5 mm a la menor densidad ($\frac{1}{4}$), al final del estudio se obtuvieron valores promedios mayores, siendo las tasas de crecimiento en la masa de los tejidos blandos significativamente mayor a la de los organismos cultivados a mayor densidad ($\frac{1}{2}$). Se concluye que existe un efecto en el crecimiento inicial en el cultivo de *M. gigas* y no en la supervivencia, debido a la separación de tallas iniciales y la densidad de cultivo, aun manteniendo desdobles continuos cada 5 días. Por lo tanto, las estrategias de cultivo utilizadas de separación de tallas iniciales con desdobles continuos cada 5 días, manteniendo las semillas a densidades de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ del

Palabras clave |

Densidad,
selección de talla,
semilla,
crecimiento y supervivencia,
Magallana gigas.

recubrimiento de la superficie de la base de la cesta de cultivo fueron ventajosas por generar un notable mayor rendimiento (100% supervivencia y mayor crecimiento) que las adoptadas experimentalmente en el estuario del río Chone.

ABSTRACT | The effect of seed density and size selection on the growth and survival of the Pacific oyster *Magallana gigas* in initial culture in the Chone river estuary, Manabí province, Ecuador, was evaluated. Were established 3 treatments based on an initial sieving with a 5 mm mesh: 1) seeds filtered with the sieve at a density of $\frac{1}{4}$ coverage of the surface of the basket base (< 5 mm at a density of $\frac{1}{4}$ coverage), 2) seeds retained at a density of $\frac{1}{4}$ (> 5 mm $\frac{1}{4}$) and 3) seeds retained at a density of $\frac{1}{2}$ (> 5 mm $\frac{1}{2}$). In each unfolding, the oysters were counted to estimate survival, and the replicates were maintained at the same cover density of the bottom of the culture basket. The results show a significant effect of the density, since the organisms initially selected > 5 mm at the lowest density ($\frac{1}{4}$), at the end of the study higher average values were obtained, with growth rates in the mass of soft tissues being significantly higher. higher than that of organisms grown at higher density ($\frac{1}{2}$). It is concluded that there is an effect on the initial growth in the culture of *M. gigas* and not on the survival given by the separation of initial sizes and the culture density even, maintaining continuous splitting every 5 days. Therefore, the cultivation strategies used to separate the initial sizes with continuous splitting every 5 days, keeping the seeds at densities of $\frac{1}{4}$ and $\frac{1}{2}$ of the surface coating of the base of the cultivation basket, were advantageous because they generated a notably higher yield. yield (100% survival and higher growth) than those experimentally adopted in the Chone river estuary.

Keywords |

Density,
seed selection,
size,
growth and survival,
Magallana gigas.

INTRODUCCIÓN

La ostra del pacífico u ostra japonesa *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) es uno de los invertebrados más cultivados en todas las regiones del mundo. Desde los años 90 del siglo pasado, la especie fue introducida en Ecuador, algunas instituciones como el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL) y recientemente entidades gubernamentales se encuentran haciendo esfuerzos por desarrollar el cultivo, particularmente en las costas marinas de Ecuador. Sin embargo, a pesar de haber resultados alentadores que muestran una elevada factibilidad biológica y económica para el desarrollo del cultivo de *Magallana gigas* tanto en zonas marinas como estuarinas, para consolidar las técnicas de cultivo es necesario estudiar factores y estrategias que permitan optimizarlo, en función de establecer un protocolo adecuado para su desarrollo. Uno de los problemas presentados en el cultivo inicial de ostras es la elevada mortalidad, la cual puede alcanzar hasta un 30% en los primeros 15 días de cultivo (Treviño *et al.*, 2020). Observaciones en el cultivo inicial de la especie en el estuario del río

Chone, donde cestas de ojo de malla pequeño (3 mm) sembrados al 50% de su superficie, a los 15 días se encontraban con un recubrimiento de las ostras de más del 100% con elevada mortalidad y la presencia de una gran variabilidad de tallas. Bajo esta observación la presente investigación pretende dilucidar si existe un efecto de tallas y la densidad de siembra inicial en el crecimiento y la supervivencia de las semillas de *Magallana gigas* (antes *Crassostrea gigas*) manteniendo un protocolo de desdobles continuos (cada 5 días) para evitar la sobre densidades en las cestas de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas utilizadas fueron obtenidas de la *hatchery* del CENAIM-ESPOL, las cuales se adquirieron mediante compra directa. Las semillas se transportaron en contenedor isotérmico a una temperatura de unos 10-15 °C, a su llegada una observación previa, mostró que presentaban un rango de 3-10 mm de longitud máxima de la concha, por lo que se confinaron en cestas con apertura de malla < 3 mm y luego introducidos en los pisos de las linternas a una densidad menor a la mitad de la superficie, acondicionándolas durante 2 días para la recuperación de la semilla del estrés dado por transporte, en sistema de suspensión en el muelle privado de Puerto Amistad de Bahía de Caráquez (Fig 1).

Se establecieron 3 tratamientos en función de un tamizado inicial con malla de 5 mm: 1) semillas filtradas con el tamiz a la densidad de $\frac{1}{4}$ de cobertura de la superficie de la base de la cesta (< 5 mm a la densidad $\frac{1}{4}$ de cobertura), 2) semillas retenidas a la densidad de $\frac{1}{4}$ (> 5 mm $\frac{1}{4}$) y 3) semillas retenidas a densidad de $\frac{1}{2}$ (>5 mm $\frac{1}{2}$), para contrastar el efecto de talla inicial con los tratamientos < 5 mm, > 5 mm a la menor densidad $\frac{1}{4}$ y el efecto de la densidad con los tratamientos > 5 mm a las dos densidades ($\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$). En cada desdoble las ostras fueron contabilizadas para estimar la supervivencia, y las réplicas se mantuvieron a la misma densidad de cobertura del piso de la cesta de cultivo. Previo a ello, una muestra de 10 individuos extraída al azar por réplica fue tomada para realizar medidas de longitud de la concha, así como luego de la separación del cuerpo blando y la concha, para estimar sus masas por desecación durante 48h a 65 °C, en una balanza (0,001 g de precisión) (Fig.2).



Ubicación de estación de cultivo experimental (A), en el estuario del río Chone (B), provincia de Manabí, Ecuador (0°36'29,20" S; 80°25'21,24" W)

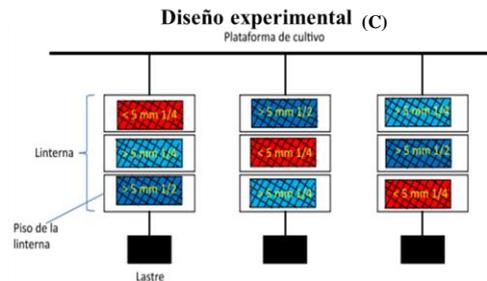


Figura 1. Ubicación de la estación de cultivo de *Magallana gigas* (A) en el estuario del río Chone, Provincia de Manabí (B). Diseño experimental (C).



Figura 2. Procesos del tratamiento de la semilla de la ostra *Magallana gigas* en cultivo experimental

Al final del estudio se estableció la tasa de crecimiento diario tanto para la dimensión de la concha como para las masas de la concha, tejido y todo el organismo. Los valores promedios de las tasas de crecimiento en los diferentes tratamientos, provenientes del promedio de las réplicas establecidas, se contrastaron con una ANOVA simple, verificando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene's, respectivamente. Tan solo los valores de la variable incremento de tejido no siguió una distribución normal, por lo que se normalizó utilizando la transformación de $\log(X+1)$; no obstante, la varianza no fue homogénea, por lo que se decidió en este caso aplicar una ANOVA heterodástica con corrección de Welch. Para aquellos parámetros cuya significancia estadística fue establecida, se realizó una prueba a posteriori de Tukey (excepto para el incremento del tejido, donde se utilizó la prueba de Games Howell para varianzas no iguales). Todas estas pruebas utilizadas fueron siguiendo las recomendaciones en Zar (2010), y para su desarrollo se utilizó el software libre Jamovi versión 1.6.23.0 (<https://www.jamovi.org/>). Las diferencias significativas se establecieron a una probabilidad menor del 5%. Para el análisis del efecto de la utilización de la talla inicial (< 5 y > 5 mm) fue comparando con los tratamientos de una densidad de $\frac{1}{4}$ y el efecto de la densidad con los tratamientos con talla inicial > 5 mm.

RESULTADOS

Durante los 30 días, en todos los tratamientos de cultivo, se observó un crecimiento de forma lineal, con una tendencia a disminuir a partir del día 15, particularmente en el tratamiento de semillas filtradas por tamiz de 5 mm a una densidad de $\frac{1}{4}$ de ocupación de la superficie de la base de la cesta de cultivo (<5 mm $\frac{1}{4}$ -señalado con rojo; Fig. 3 A). Las tasas de crecimiento diario mostraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento <5 mm $\frac{1}{4}$, significativamente menor a los demás tratamientos (Fig. 3 B).

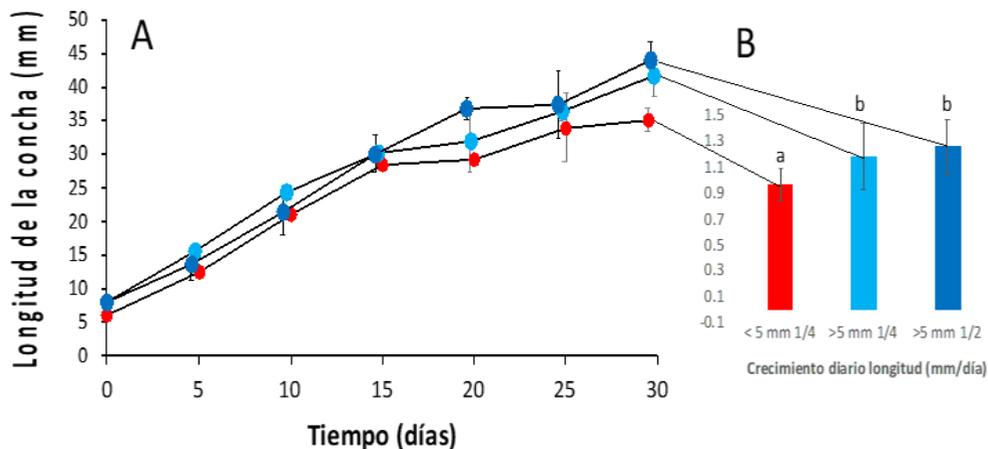


Figura 3. Longitud de la concha de semillas cultivadas durante 30 días (A). Tasa diaria de crecimiento en longitud de la concha de las semillas sembradas en los diferentes tratamientos (B).

El crecimiento de la masa de la concha, para todos los tratamientos fue de tipo exponencial, manteniendo una tendencia de diferencias en magnitud relativa a las tallas inicialmente sembradas, sin embargo, a partir del día 20, el tratamiento >5 mm $\frac{1}{2}$ muestra una disminución en sus tasas de crecimiento con un comportamiento más lineal que exponencial, alcanzando, al final del estudio, tallas menores que el tratamiento a la misma talla, pero a menor densidad (Fig. 4A). Las tasas de crecimiento no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque el valor medio de los organismos del tratamiento >5 mm $\frac{1}{4}$, fue notablemente superior, la dispersión fue elevada que no permitió establecer diferencias entre los tratamientos (Fig. 4 A, B).

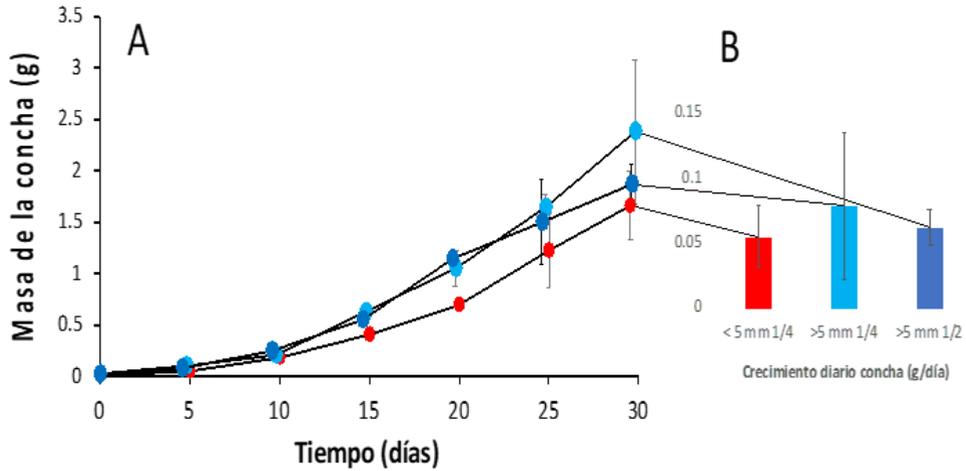


Figura 4. Masa deshidratada de la concha (A). Tasa diaria de crecimiento en longitud de la concha de las semillas sembradas en los diferentes tratamientos (B).

En la masa del tejido, a diferencia de la concha (longitud y masa) inicialmente durante los 5 días no muestra aumento, y el crecimiento en los tratamientos se desarrolla entre el día 5 y 10, manteniendo sus masas durante entre 0,2-0,3 g durante el resto del periodo experimental, excepto el tratamiento >5mm a densidad de 1/2 cuyas masas bajan notablemente a $0,13 \pm 0,001$ g (Fig. 5A). Las tasas de crecimiento diario mostraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento >5 mm 1/2, significativamente menor a los demás tratamientos (Fig. 5 B).

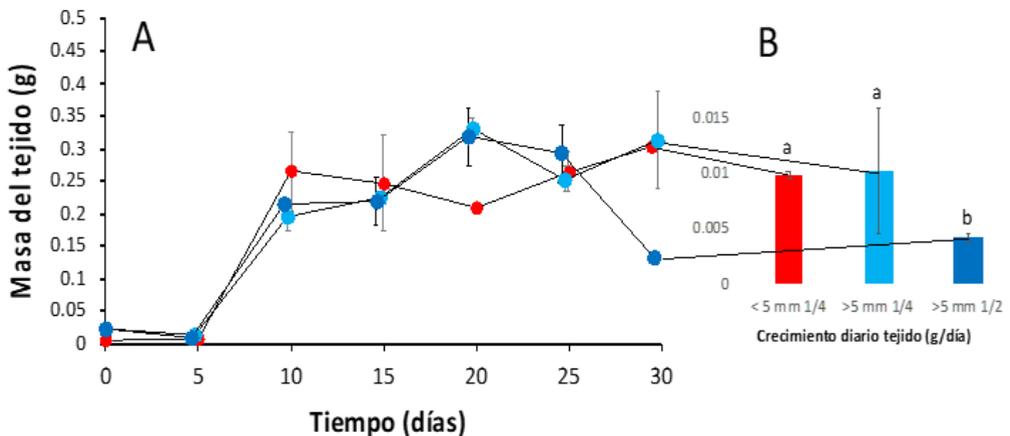


Figura 5. Masa deshidratada del tejido (A). Tasa diaria de crecimiento en longitud de la concha de las semillas sembradas en los diferentes tratamientos (B).

La masa total del organismo deshidratado sigue la misma tendencia que la masa de concha (la cual aporta el mayor porcentaje de peso) con su comportamiento exponencial con la disminución de la tasa de crecimiento y comportamiento más bien lineal del tratamiento $>5\text{ mm } \frac{1}{2}$ muestra a partir del día 20, mostrando al final del estudio masas menores a las alcanzadas por la misma talla, pero a densidad de $\frac{1}{4}$ (Fig. 6A). Las tasas de crecimiento diario no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, por el alto índice de dispersión mostrado por los tratamientos, en particular el $>5\text{ mm } \frac{1}{4}$ (Fig. 6 B).

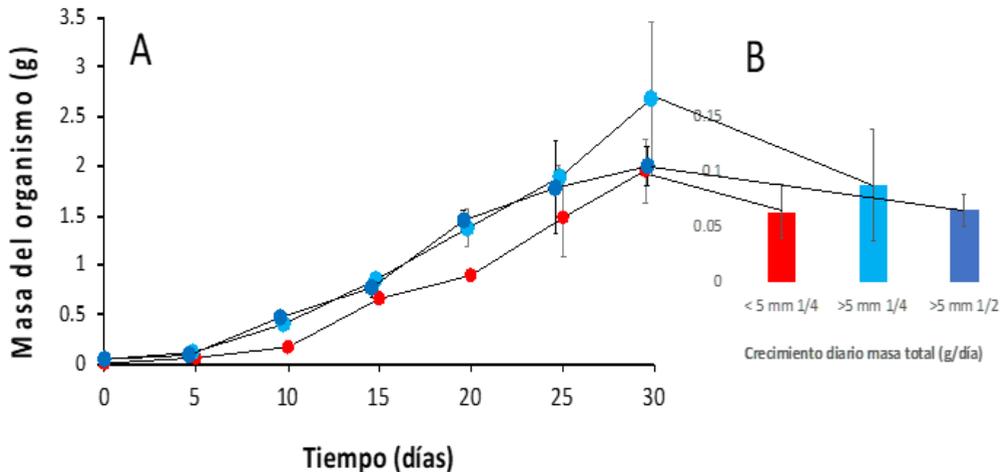


Figura 6. Masa total de la semilla (A). Tasa diaria de crecimiento en longitud de la concha de las semillas sembradas en los diferentes tratamientos (B).

DISCUSIÓN

Nuestra experiencia en este estudio fue que al tamizar semillas pequeñas de ostreidos es difícil y laborioso, por lo que se sugiere la innovación de sistemas de tamizado para semillas, para la optimización del cultivo. Los resultados muestran un efecto significativo de la densidad, ya que los organismos seleccionados inicialmente $> 5\text{ mm}$ a la menor densidad ($\frac{1}{4}$), al final del estudio se obtuvieron valores promedios mayores, siendo las tasas de crecimiento en la masa de los tejidos blandos significativamente mayor a la de los organismos cultivados a mayor densidad ($\frac{1}{2}$); de hecho, la masa de los tejidos de los organismos cultivados a mayor densidad disminuye abruptamente en los últimos 5 días, mostrando una condición de estrés, no recomendándose densidades de recubrimiento de $\frac{1}{2}$, al menos en los últimos desdobles. El efecto de la densidad en el cultivo de ostreidos han sido evaluado en varias especies, incluyendo *Magallana gigas* (Chávez, 2014), y en todas las mayores densidades condicionan una mayor competencia por el alimento, inclusive en sistemas donde la biomasa fitoplanctónica es elevada y la disponibilidad de alimento no parece un factor limitante, como el estuario del río Chone en temporada seca (Vélez-Falcones *et al.*, 2019).

Analizando la dinámica de las curvas de crecimiento en comparación de las densidades, se observa que los primeros 15 días no existe generalmente diferencias notables, por lo que se podría utilizar la mayor densidad ($\frac{1}{2}$ de recubrimiento) hasta los 20-25 días, para luego bajar la densidad a un $\frac{1}{4}$ de recubrimiento.

CONCLUSION

Existe un efecto en el crecimiento inicial en el cultivo de *Magallana gigas* en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador y no en la supervivencia dada por la separación de tallas iniciales y la densidad de cultivo, aun manteniendo desdobles continuos cada 5 días. Por lo tanto, las estrategias de cultivo utilizadas de separación de tallas iniciales con desdobles continuos cada 5 días, manteniendo las semillas a densidades de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ del recubrimiento de la superficie de la base de la cesta de cultivo fueron ventajosas por generar un notable mayor rendimiento (100% supervivencia y mayor crecimiento) que las adoptadas experimentalmente en el estuario del río Chone.

Agradecimientos

A la administración del Puerto Amistad de Bahía Caráquez, por permitir el uso de las plataformas de flotación para establecer el cultivo experimental. Al grupo de Investigaciones en Biología y Cultivo de Moluscos (INBICUM) de la Escuela de Acuicultura y Pesquerías de la Universidad Técnica de Manabí, por facilitar los medios necesarios para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- Chávez-Villalba, J. (2014). Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica*, 24(3), 175-190.
- Treviño, L., Lodeiros, C., Vélez-Falcones, J., Chávez-Alcivar, C., Isea-León, F., Bermúdez-Medrandá, A. E., ... & Rodríguez-Pesantes, D. (2020). Suspended culture evaluation of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a tropical estuary. *Aquaculture Research*, 51(5), 2052-2061.
- Vélez-Falcones J., Treviño L., Uribe E. & Lodeiros C. 2019. Efecto de la densidad de cultivo de la ostra del Pacífico, *Crassostrea gigas*, en engorde final en Bahía de Caráquez (provincia de Manabí, Ecuador). En: Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Guerra A., Lastres M.A., Padín X.A., Lodeiros C. (Eds.). *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* 21: 343-353.
- Zar, J. (2010). *Biostatistical Analysis* (pp: 994) Englewood Cliff

Cultivo final de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg 1793), en sistemas de cultivo de camarón, Estuario de Cojimíes, Esmeraldas, Ecuador

Final culture of the Pacific oyster
Magallana gigas (Thunberg 1793), in systems
shrimp farming, Cojimíes Estuary, Esmeraldas, Ecuador

Evelyn Vélez-Giler^{1*}, María Mercedes Espinoza-Vera^{1,2},
Lenin Cáceres-Farías^{1,2}, Juan Cedeño-Zambrano^{1,2},
Jorge Vélez-Falcones¹, César Lodeiros^{1,2}

¹Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Departamento de Acuicultura,
Pesca y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí 131101, Ecuador

²AquaCEAL Corporation, Urb. Las Palmeras, Ave. Capitán Byron Palacios & General Quisquis,
#8 EC230101, Santo Domingo de los Colorados, Ecuador

Evelyn Vélez-Giler   antonella1998velez@gmail.com

RESUMEN | Se evaluó el cultivo final de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* en sistema de cultivo de camarón en el estuario de Cojimíes –Esmeraldas- Ecuador, durante julio 2021 a febrero de 2022. Los juveniles fueron sembrados en cestas de cultivo tipo linternas de un solo piso a una densidad de 60 organismos, donde mensualmente se tomaron 15 organismos de cada réplica en función de evaluar su crecimiento. La mortalidad o pérdida de organismos se estimó mensualmente contabilizando los organismos vivos en cada una de las réplicas sustraídas. Los resultados mostraron que las conchas alcanzaron dimensiones de $85,3 \pm 4,79$; $48,0 \pm 7,09$ y $27,8 \pm 3,71$ mm (en sus dimensiones anteroposterior, dorsoventral y entre valvas respectivamente), la supervivencia se manifestó de forma decreciente los primeros cuatro meses de cultivo, para posteriormente estabilizarse a $39,2 \pm 22,67$ % los últimos tres meses de experimentación. Por ello, se la considera como una especie ideal para el cultivo final en estanques dedicados a la cría de camarón, constituyendo un modelo sencillo de policultivo multitrófico, aprovechando la extensión del sector camaronero ecuatoriano.

Palabras clave |

cultivo final,
crecimiento,
supervivencia,
Magallana gigas,
camaronera

ABSTRACT | The final culture of the Pacific oyster *Magallana gigas* was evaluated in a shrimp culture system in the Cojimíes –Esmeraldas-Ecuador estuary, from July 2021 to February 2022. The juveniles were stocked in single-story lantern-type culture baskets, at a density of 60 organisms, where 15 organisms from each replicate were taken monthly in order to evaluate their growth. The mortality or loss of organisms was estimated monthly by counting the living organisms in each of the subtracted replicates. The results showed that the shells reached dimensions of 85.3 ± 4.79 , 48.0 ± 7.09 and 27.8 ± 3.71 mm (in their anteroposterior, dorsoventral and between valve dimensions respectively), survival was manifested decreasingly the first four months of cultivation, to later stabilize at 39.2 ± 22.67 % the last three months of experimentation. For this reason, it is considered an ideal species for the final culture in ponds dedicated to shrimp farming, constituting a simple model of multitrophic polyculture, taking advantage of the extension of the Ecuadorian shrimp industry.

Keywords | final culture, growth, survival, *Magallana gigas*, shrimp farm.

INTRODUCCIÓN

La ostra del Pacífico *Magallana gigas* (antes *Crassostrea gigas*) es una especie introducida en varios países de todo el mundo con finalidad de cultivo, ya que posee una alta adaptabilidad a factores ambientales. En Ecuador fue introducida en el año 1990 juntamente con la creación del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). La tecnología de cultivo se desarrolló tanto en mar abierto como en granjas de producción de camarón (*Penaeus vannamei*), mar y estuarios, obteniendo resultados exitosos, por lo cual se considera una especie potencial para la diversificación de la acuicultura (Álvarez *et al.* 2008; Lodeiros *et al.*, 2018; Treviño *et al.*, 2020). Lombeida (1997) reportó resultados de estudio de crecimiento de ostras del Pacífico en embalses, canales de drenaje y estanques de cultivo de camarones, determinando la factibilidad del cultivo de *Magallana gigas*; sin embargo, hasta la fecha no existen más estudios documentados para Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los juveniles de *Magallana gigas* utilizados en este estudio se produjeron bajo condiciones controladas en Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL). El cultivo experimental en sistema de cultivo de camarón en Cojimíes duró 8 meses (julio 2021- febrero 2022), y comenzó con juveniles de $45,43 \pm 2,52$ mm de longitud anterior-posterior. Estos se colocaron en cestas de cultivo de un solo piso del tipo linternas o lantern nets, a una densidad de 60 organismos/piso de linterna (previamente establecido por Vélez-Falcones *et al.*, 2020). Para monitorear el cultivo se utilizaron cuatro réplicas

experimentales y una de sustitución (Fig. 1), evitando la descompensación de la densidad de cultivo debido a mortalidad por depredación o pérdidas de cestas.

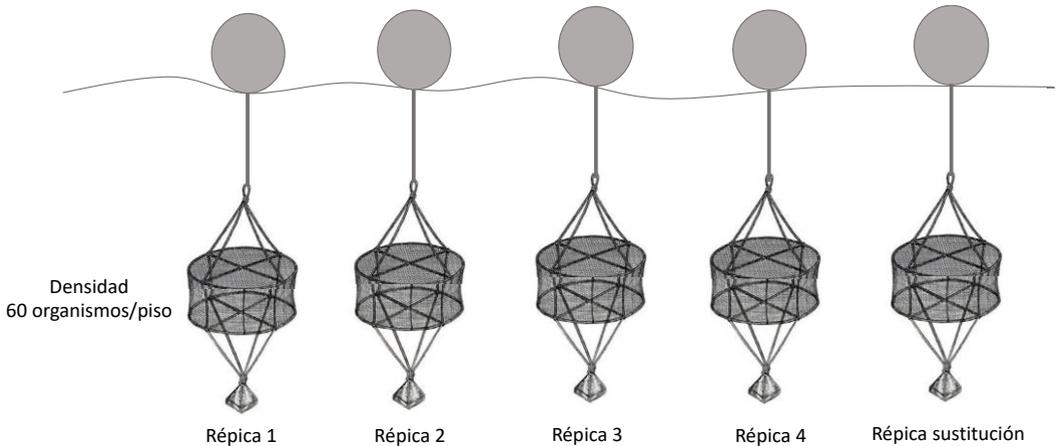


Figura 1. Diseño de cultivo experimental para el engorde de *Magallana gigas* en sistema de cultivo de camarón en el estuario de Cojimés, Esmeraldas, Ecuador.

Para evaluar el crecimiento, mensualmente se tomaron 15 organismos de cada réplica en función de determinar la dimensión de concha en sus ejes anteroposterior, dorsoventral y entre valvas, con un vernier digital (0,01 de precisión), y con una periodicidad bimensual se extrajeron 5 organismos por réplica para la determinación de la masa seca y los tejidos blandos de la concha, por deshidratación (65 °C/72 h), pesándolos en una balanza digital (0,001 g de precisión) (Fig. 2). Al final del estudio, los valores absolutos de estos parámetros fueron contrastados a través de los índices de confianza al 95%. La mortalidad o pérdida de organismos se estimó mensualmente contabilizando los organismos vivos en cada una de las réplicas sustraídas.



Figura 2. Procesamiento de muestras

RESULTADOS

Crecimiento

El crecimiento en las dimensiones de la concha largo, alto y entre valvas mantuvo un patrón continuo, excepto en el periodo de mediados de noviembre a mediados de diciembre, cuando los valores promedios alcanzados, dado su intervalo de confianza del 95%, no mostraron diferencias significativas (Fig. 3).

En el período final del estudio, desde mediados de diciembre 2021 hasta mediados de febrero 2022 las tasas de crecimiento (9,2 mm/mes en largo; 8,10 mm/mes en alto y 10,7 mm/mes entre valvas) fueron notablemente superiores a las de los periodos anteriores (< 4 mm/mes). Así mismo, las dimensiones de la concha $85,3 \pm 4,79$; $48,0 \pm 7,09$ y $27,8 \pm 3,71$ mm para el largo, alto y entre valvas, respectivamente.

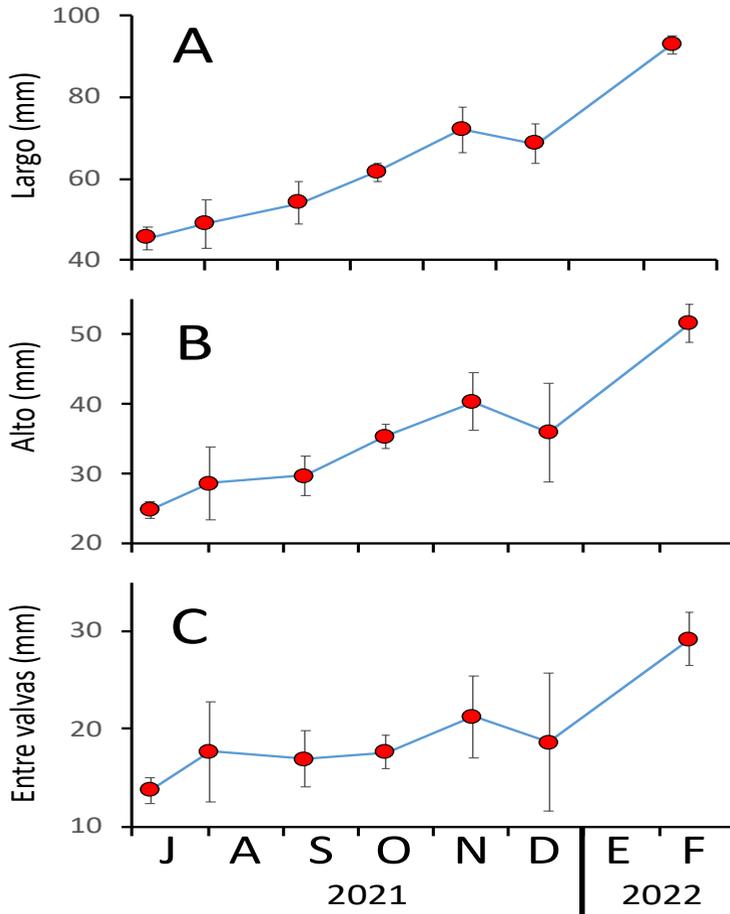


Figura 3. Crecimiento en dimensiones largo (A), alto (B) y entre valvas (C) de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* en sistemas de cultivo de camarón.

A diferencia de las dimensiones de la concha, las masas tanto de la concha (Fig. 4A) como de los tejidos (Fig. 4B) mostraron un patrón de crecimiento siempre continuo, con un aumento ligeramente menor en el primer periodo (principios julio a principios de septiembre) que los restantes periodos. Al final del experimento la masa seca de la concha alcanzó los $23,9 \pm 3,58$ gr y la de los tejidos $1,3 \pm 0,07$ g.

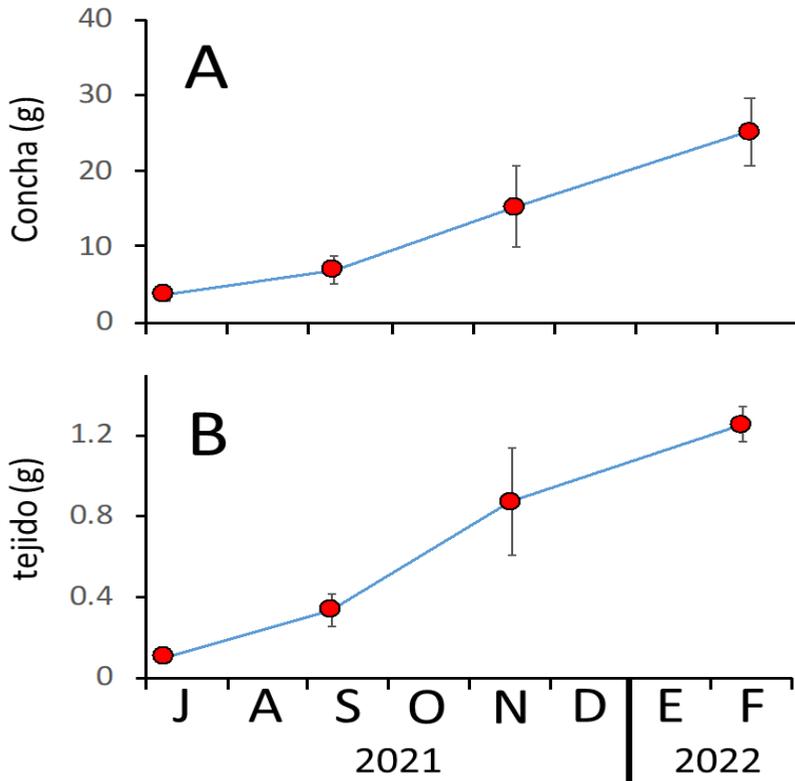


Figura 4. Peso de la concha (A) y el tejido seco (B) de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* en sistemas de cultivo de camarón.

Supervivencia

La supervivencia mostró decrecimiento continuo con mayores mortalidades (unos 14-15 organismos/mes) durante los primeros 3 meses (Fig. 5), para disminuir con mayor variabilidad entre las réplicas a unos 8 organismos cada mes desde principios de octubre a mediados de diciembre 2021; en el último periodo de mediados diciembre-miados de febrero, la mortalidad casi fue inexistente (1 organismos/mes). Los altos índices de los intervalos de confianza del 95% muestran que las supervivencias no tuvieron cambios significativos a partir de mediados de octubre hasta el final del experimento, cuando la supervivencia fue de $39,2 \pm 22,67$ %.

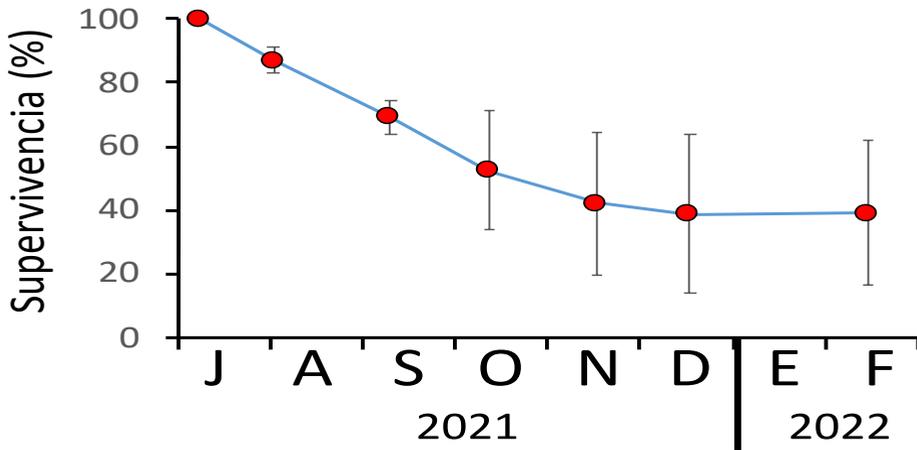


Figura 5. Supervivencia de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* en sistemas de cultivo de camarón.

DISCUSIÓN

Los atributos biológicos de *Magallana gigas*, descritos por diferentes ensayos, establecen un posicionamiento de esta especie como una nueva alternativa económica para la acuicultura (Martínez *et al.*, 2021). En este estudio consideramos a *Magallana gigas* como una especie ideal para cultivar en estanques dedicados a la cría de camarón, constituyendo un modelo sencillo de policultivo multitrófico aprovechando la extensión del sector camaronero ecuatoriano, el cual representa el 95% del total de la acuicultura nacional (FAO, 2021). Sin embargo, los últimos estudios efectuados sobre producción de *Magallana gigas* en Ecuador corresponden a cultivo en estuarios tropicales, y zonas de bahía. Lodeiros *et al.* (2018) en Bahía de Ayangué, Provincia de Santa Elena, mostraron una factibilidad elevada, la cual es superada en los cultivos en estuarios (Treviño *et al.*, 2020) obteniendo organismos de 100 mm en 6 meses de cultivo (en la mitad del tiempo del cultivo en el mar). En líneas generales, los resultados del presente estudio fueron menores a los obtenidos en el mar, con menor factibilidad, esto probablemente es debido a la elevada eutrofización que generan las piscinas de camarón y cambios bruscos de algunos factores ambientales como la turbidez y la salinidad, recomendándose establecer los cultivos en zonas como reservorios, donde la eutrofización es menor. Dadas las bondades posibles de la implementación de cultivos de ostras en camaroneras, por su acción multitrófica de captación de al menos nitrógeno y disminución de las concentraciones de microalgas y niveles de seston, así como la visualización de mayores ingresos en el sector camaronero ecuatoriano, se recomienda seguir haciendo estudios de optimización del crecimiento y cultivo de *Magallana gigas* en camaroneras.

REFERENCIAS

- Alvarez, R., Cobo, L., Sonnenholzner, S. y Stern, S. (2008). Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 129–133.
- FAO (2005-2021). National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - Ecuador. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Schwarz, L. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado. [Citado 19 March 2021].
- 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.
- Lodeiros, C., Valentich, P., Chávez, J., Mazon, J., & Grijalva, J. (2020). Tropical and subtropical ostreidae of the american pacific: taxonomy, biology, ecology, and genetics.
- Lombeida P. (1997). Manual para el Cultivo de Ostras en Granjas Camaroneras. Proyecto JICA-CENAIM 25
- Maeda-Martínez, A. N. (2008). Estado actual del cultivo de bivalvos en México. In: Lovatelli, A., A. Farías & I. Uriarte (Eds). Taller regional de la FAO sobre el Estado Actual del Cultivo y Manejo de Moluscos Bivalvos y su Proyección Futura: Factores que Afectan su Sustentabilidad en América Latina. Actas de Pesca de la FAO. No. 12. Roma, FAO. pp. 91-100.
- Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin, Fisheries Research Board of Canada* 167: p 310.
- Treviño, L., Lodeiros, C., Vélez-Falcones, J., Chávez-Alcivar, C., Isea-León, F., Bermúdez-Medrandá A., Vélez-Chica, J., Cruz-Quintana Y., Leal, D., Santana Piñeros, A., Rodríguez-Pesantes D. (2020). Suspended culture evaluation of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a tropical estuary. *Aquac Res.* 2020;00:1–10. <https://doi.org/10.1111/are.14556>
- Vélez-Falcones J, Treviño L, Uribe E., Lodeiros C. (2020). Efecto De la densidad de cultivo de la ostra del Pacifico *Crassostrea gigas* en engorde final en Bahía de Caráquez, provincia de Manabí, Ecuador. *Foro de Recursos Marinos y Acuicultura de las Rias Gallegas.* 21: 243-253.

Efecto en el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* bajo cultivo suspendido debido a la posición espacial de las ostras en las cestas

Effect on growth and survival of spatial position in Pacific oyster baskets *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in under suspended culture conditions

Milton Hernán Fernández-García*, Mirian Andrea Mogro-Mendoza,
Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones,
César Lodeiros

Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos,
Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Ecuador

Milton Hernán Fernández-García   hernancito1995f@gmail.com

RESUMEN | Se estudió el efecto de la posición de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* sobre el crecimiento y la supervivencia, en cestas suspendidas sobre una plataforma de cultivo en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Ostras de $50,7 \pm 4,91$ mm de altura de concha (longitud anteroposterior) fueron colocadas a una densidad de 6 organismos/piso (94 organismos/m²) en linternas (*lanter-nets*) las cuales fueron confeccionadas en función de establecer diferentes posiciones con ángulos de inclinación de 0°, 45 ° y 90°, y sembradas en linternas donde la posición la ajustaba el propio organismo (posición libre), durante 1 mes de cultivo. Todos los tratamientos se establecieron con 3 réplicas. Al final del estudio se determinaron relaciones biométricas para establecer parámetros de crecimiento de la dimensión de la concha (altura: antero-posterior, ancho: dorso-ventral y entre valvas) y de las masas (secas) de los tejidos (músculo y resto de tejidos), así como la supervivencia contando los organismos vivos. Adicionalmente, se evaluó el índice de calidad morfométrica basado en la relación longitud entre valvas/altura. Los resultados mostraron que las posiciones no generaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los parámetros de crecimiento estudiados. Sin embargo, hubo diferencias

Palabras clave |
Ostras,
crecimiento,
bivalvos,
Pacífico tropical,
posición espacial,
cestas de cultivo.

en el porcentaje de supervivencia, donde los organismos de las linternas, que estaban en disposición libre, obtuvieron una supervivencia menor (83%) en comparación con el resto de los tratamientos (supervivencia >95%). En conclusión, no existe influencia de la posición de las ostras dentro de las cestas de cultivo sobre el crecimiento, pero sí sobre el porcentaje de supervivencia, donde la posición libre de los organismos en las cestas provoca una mayor mortalidad. Adicionalmente, independientemente de las posiciones establecidas, el índice morfométrico no presentó diferencias significativas, obteniendo valores >0,25, los cuales son establecidos para la aceptación en el mercado internacional.

ABSTRACT | The position effect of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in baskets suspended from a culture platform in the estuary of the Chone River, Manabí province, Ecuador, on its growth and survival was studied. Oysters with a size ~ 50 mm at a density of 6 organisms/floor (94 organisms / m²) in lantern-nets made based on establishing different positions (0°, 45° and 90°) and cultivated with lantern-nets at freely, for 1 month of culture. All treatments were established with 3 replications. At the end of the study, biometric relationships were determined to establish growth parameters in shell length (anterior-posterior) and tissue masses (muscle and other tissues) and the organisms were counted to establish the survival percentage. The results showed that the positions do not generate significant differences in terms of the growth parameters studied. However significant differences were obtained in survival. The organisms in the lantern-nets, which were freely in the baskets, obtained a notably lower survival (83%) than the oysters in the other treatments in the different positions (survival > 95%). There is no influence of the established position within the culture baskets on growth, but on survival, where the free position causes greater mortality. This behavior may be associated with the attaches or not of the oyster to a substrate. Additionally, the morphometric measurements show that there is no influence of the positions in the length relationships of between valves/ anteroposterior dimension, having the oyster produced a potential preference in the international market.

Keywords |

Oysters,
growth,
bivalves,
tropical Pacific,
spatial position,
culture baskets

INTRODUCCIÓN

La ostra japonesa o del pacífico, *Crassostrea magallana gigas* (Thunberg, 1793) es una de las especies más importantes en la acuicultura, con una estimación de más de 650.000 t en el año 2019, siendo uno de los moluscos de mayor producción a nivel mundial (FAO, 2021). Normalmente esta especie se cultiva bajo sistemas suspendidos (balsas flotantes, líneas madre o *long line*, usando varias cestas de confinamiento, pero preferiblemente linternas, las cuales soportan a los organismos en

pisos cuya superficies y paredes son de malla con apertura inferior al tamaño de las ostras que contienen. Las ostras son sembradas colocándolas a una densidad de organismos adecuada pero de forma azarosa, sin que ellas puedan adoptar una posición homogénea, disponiéndose espacialmente sobre las mallas de forma horizontal, sea posándose en su valva izquierda (posición normal de cementación) o en su valva derecha, lo cual puede traer consecuencias probablemente por la disposición y soporte anormal de sus órganos, produciendo alteraciones en su fisiología normal (hipótesis central de la presente investigación). Adicionalmente, en el mercado de ostras a nivel mundial se aumentan las exigencias para su comercialización, basado en la calidad validada por determinadas características como su apariencia morfológica, de esta manera una ostra de calidad debe poseer una unas medidas adecuadas que son establecidas en una relación de longitud antero-posterior y longitud dorso-ventral que debe ser $>0,25$ (Mizuta y Wikfors 2019). Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la presente investigación, pretende evaluar si la posición de las ostras en las cestas de cultivo puede inferir en la supervivencia, crecimiento y forma de la concha y por ende, en la calidad de la misma.

DISEÑO DEL BIOENSAYO

Se implementó un diseño para el estudio del efecto de 8 posiciones dentro de la cesta de cultivo (tratamientos por triplicado, Fig.1), construyendo éstas para tal fin, siendo comparado con la posición que adquieren normalmente en linternas (tratamiento triplicado).

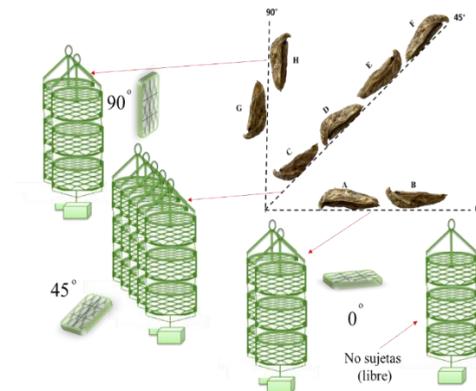


Figura 1. Diseño experimental del experimento.

Las condiciones fueron de cultivo suspendido a una densidad de 8 organismos por cesta, los cuales fueron medidos en cuanto a sus dimensiones de la concha y masas secas de sus tejidos (48h /72 °C) al inicio y al final del estudio, haciendo recuento de los organismos vivos para determinar la supervivencia (Fig. 2).



Figura 2. Cesta de confinamiento (medidas), posiciones de las ostras *Crassostrea gigas* y disposición en sus diferentes ángulos de 0°, 45° y 90° de inclinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que existió crecimiento notable de la ostra *Crassostrea gigas* tanto en dimensión de la concha como en masas de la misma y los tejidos (músculo y resto de tejido), aunque con gran variabilidad en cada una de las posiciones (Fig. 3-Fig. 5) en tan solo 1 mes de cultivo; por ejemplo, en la longitud en altura todas las posiciones alcanzaron incrementos mayores de 12 mm hasta unos 19 mm, equivalentes a una tasa de crecimiento de 0,51-0,60 mm/día, siendo una de las más altas de los cultivos de la especie en el Pacífico Tropical (Tabla 1).

Tabla 1. Crecimiento y supervivencia de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana gigas* en regiones tropicales y subtropicales y estudios recientes en la zona.

Región	Sitio	Tipo de cultivo	Tasas de crecimiento (mm.d ⁻¹)	Supervivencia (%)	Referencia				
Subtropical	Bahía Kino, México	Long line	0,301-0,347	61-68	Chávez-Villalba et al. (2010)				
		Bandejas							
		Laguna de Navachiste-Macapule, México	Long line	0,25	95	Rodríguez-Quiroz et al. (2016)			
Tropical	Golfo de Nicoya, Costa Rica	Bandejas	0,421	49	Radulovich and Fuentes-Quesada (2019)				
		<i>Lantern nets</i> cajas en camaroneras							
		Balsa flotante <i>lantern nets</i>				0,493	71,5	Treviño et al. (2020)	
		Balsa flotante <i>lantern nets</i>				0,38-0,51	75-82	Vélez et al. (2020)	
		Estuario del río Chone, Ecuador				Linternas, cajas nestier y australianas	0,30-0,47	83 - 98	Cagua et al. (2021)
		Balsa flotante <i>lantern nets</i>				0,51-0,60	83 - 100	Presente estudio	
		Bahía de Ayangue, Ecuador				Long-line pearl-nets (diferente mes de siembra)	0,296 (agosto) 0,242 (marzo)	60-65	Lodeiros et al. (2018)
Estuario del río Chone, Ecuador	Balsas diferentes	0,37-0,51 mm/mes	75-80	Miranda y Polit. (2021)					
Subtropical	Bahía Corral, Chile	Long-line <i>lantern-nets</i>	0,190 (Isla del Rey) 0,157 (Isla de Mancera)	60	Möller et al. (2001)				

Los incrementos al final del estudio, tanto para las dimensiones de la concha como de las masas, no presentaron diferencias significativas, esto es debido principalmente a la alta variabilidad manifestada en cada uno de los tratamientos (Fig. 3,4).

El índice morfométrico de calidad según la relación la longitud entre valvas/ longitud de la altura resultó para todas las posiciones en valores $> 0,25$ (Fig. 5), la menor relación fue para la posición A ($0,29 \pm 0,021$) y el resto de posiciones estuvieron entre $0,30$ - $0,32$ (Fig 6). Estas relaciones cumplen con el índice de morfología ($>0,25$) establecido como una buena calidad de ostra (Mizuta y Wikfors 2019).

La supervivencia estuvo por encima del 80% en todos los tratamientos; las posiciones A, E y F en todas sus réplicas mostraron el 100% de supervivencia, siendo la supervivencia de la posición I (linternas) notablemente menor a las demás posiciones (Fig. 3). Se hipotetiza que este resultado es debido a que las ostras en las linternas no se encuentran fijadas, a diferencia del resto de posiciones, esto podría suponer una perturbación en el cultivo debido a la colisión de las ostras debido a movimientos como corrientes y olas que generan la agregación y choque entre las ostras, y condicionan a cerrar las valvas y por ende afecta a la filtración de los organismos.

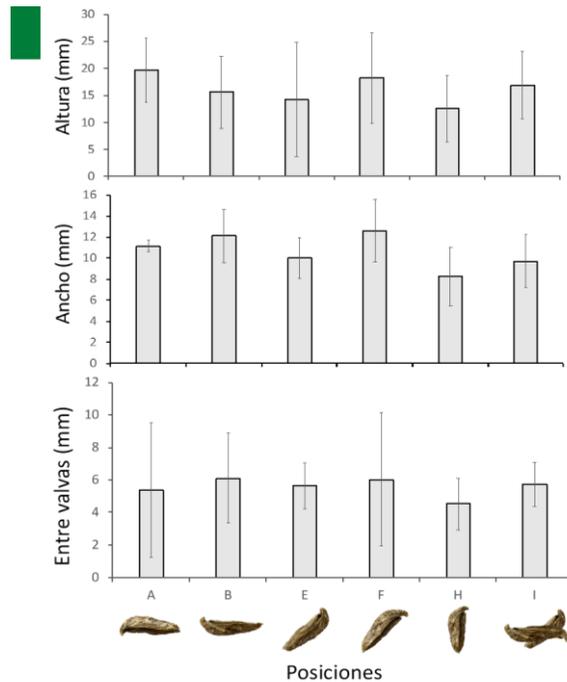


Figura 3. Valores promedio del incremento de la longitud en altura, ancho de la concha y entre valvas de las diferentes posiciones experimentales de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana gigas* en condiciones de cultivo suspendido.

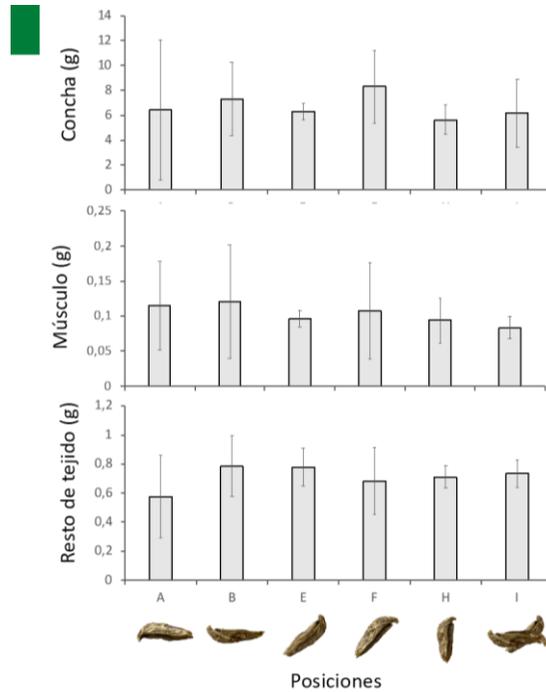


Figura 4. Promedio del incremento en peso de la concha y las masas (músculo y resto de tejidos) en las diferentes posiciones de la ostra *Crassostrea magallana gigas* en condiciones de cultivo suspendido.

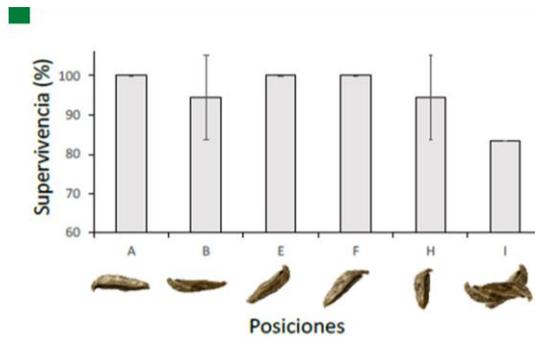


Figura 5. Supervivencia en las diferentes posiciones experimentales de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana gigas* en condiciones de cultivo suspendido.



Figura 6. Relación de la longitud Entre valvas/Altura en las diferentes posiciones experimentales de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana gigas* en condiciones de cultivo suspendido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No existe una influencia de las posiciones establecidas dentro de las cestas de cultivo en el crecimiento, al menos en un mes de engorde del cultivo, pero sí en la supervivencia, donde la posición libre causa mayor mortalidad. Este comportamiento puede estar asociado a la fijación o no de la ostra a un sustrato. Se recomienda realizar estudios para dilucidar esta hipótesis y promover estrategias para obtener mayor rendimiento en los mismos.

No existe influencia de las posiciones en la morfometría de la concha, dado que la relación de la longitud Entre valvas/Altura, en todas las posiciones fue $>0,25$, siendo la morfología de las ostras de potencial preferencia en el mercado internacional. Esta característica y la de un elevado crecimiento permite promocionar el cultivo a mayor escala para su comercialización.

AGRADECIMIENTO

Este estudio ha sido desarrollado bajo el auspicio del Proyecto Factibilidad del cultivo de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana gigas* y la ostra perla *Pteria sterna* en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador, financiado por la Universidad Técnica de Manabí y forma parte del programa de cultivo de moluscos del Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos de la Universidad Técnica de Manabí. Se agradece el apoyo de Puerto Amistad por la disposición del uso de sus espacios acuáticos y logística para el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

Cagua, K., Lucas, P., Treviño, L., Vélez, J., García, A. & Lodeiros, J. (2021). Evaluación de diferentes modelos de cestas en el cultivo final de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793), en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador. *IX Foro*

- Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura. Ediciones, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.* 10(2021):834-842.
- Chávez-Villalba, J., A. Arreola-Lizárraga, S. Burrola-Sánchez & F. Hoyos-Chairez. (2010). Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300: 128-136.
- FAO (2021). Fishery statistical collections. Global Aquaculture production. In *FAO Fisheries and Aquaculture Department*. Retrieved September 23, 2019.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0217-z>.
- Mizuta, D. D. & Wikfors, G. H. (2019). Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 586-602.
- Miranda G., & Pólit C. (2021). *Crecimiento y supervivencia bajo condiciones de cultivo suspendido de una cohorte de semillas de la ostra Crassostrea gigas (Thunberg, 1793) sembradas a diferentes tallas*. [Tesis de titulación de grado, Universidad Técnica de Manabí].
- Möller, J., & Köller, O. (2001). Dimensional comparisons: An experimental approach to the internal/external frame of reference model. *Journal of Educational Psychology*, 93(4), 826.
- Radulovich, R. y Fuentes-Quesada, JP (2019). Producción artesanal de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en jaulas flotantes en el mar y policultivo con ostra (*Crassostrea gigas*). *Acuicultura* 512, 734354.
- Rodríguez-Quiroz, G., García-Ulloa G., Orozco, A., Valenzuela-Hernández, T., Nava, E. & Góngora-Gómez, A. (2016). Relación del crecimiento, condición y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y las variables ambientales, cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. *Revista de biología marina y oceanografía*. 51. 541-551. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000300006>.
- Treviño, L., Lodeiros, C., Vélez-Falcones, J., Chávez-Alcivar, C., Isea-León, F., Bermúdez-Medrandá, A. E., Vélez-Chica J.C., Cruz-Quintana Y., Leal D., Santana-Piñeros A.M. Rodríguez-Pesantes, D. (2020). Suspended culture evaluation of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a tropical estuary. *Aquaculture Research*. 51(5), 2052-2061. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.14556>.
- Vélez Falcones, Jorge & Tam, Jorge & Acosta, Vanessa & Mateo, Raquel & Lodeiros, Cesar & García Bermúdez, Alan & Treviño Zambrano, Luís. (2020). Uso de curvas abundancia-biomasa (ABC) en la detección de perturbaciones sobre comunidades de macroinvertebrados de playas arenosas de Manabí (Ecuador).

Neoplasia en moluscos bivalvos y su efecto en la respuesta inmunológica

Neoplasia in bivalve mollusks and its effect on the immune response

Milton Montúfar-Romero¹⁻⁴, Valentina Valenzuela-Muñoz^{3,4},
Cristian Gallardo-Escárate^{3,4*}

¹Programa de Doctorado en Ciencias con mención en Manejo de Recursos Acuáticos Renovables (MaReA), Departamento de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, P.O. Box 160-C, Concepción, Chile,

²Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), Guayaquil, Ecuador,

³Laboratorio de Biotecnología y Genómica Acuícola. Universidad de Concepción, Concepción, Chile,

⁴Centro Interdisciplinario de Investigación en Acuicultura Sustentable (INCAR), Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Cristian Gallardo-Escárate   crisgallardo@udec.cl

RESUMEN | La enfermedad emergente en los moluscos es aquella que ha adquirido un carácter epizootico. Aparece en lugares que no habían sido reportados antes y se convierte en una amenaza. En este contexto, existen dos tipos de neoplasias que afectan a los moluscos de importancia comercial. Se trata de la neoplasia diseminada y la neoplasia gonadal. La neoplasia diseminada es también conocida como leucemia, neoplasia hemocítica o neoplasia hemática. En todo el mundo se ha informado de la existencia de una neoplasia diseminada en 23 especies de moluscos bivalvos marinos, y de neoplasia gonadal en 14 especies. La neoplasia diseminada se desarrolla en los hemocitos y es transmite hacia los individuos sanos. La neoplasia gonadal se produce en las células germinales. La neoplasia se caracteriza por la proliferación incontrolada de células neoplásicas, la invasión de células en otros tejidos, aumento del diámetro celular y nuclear, una estructura celular atípica, metástasis y muerte del huésped. La neoplasia se asocia con factores como los virus, herencia genética, retrotransposones, contaminación, carcinógenos químicos y biotoxinas vinculadas a los dinoflagelados. En especies y poblaciones de moluscos comerciales se encuentran con niveles epizooticos de neoplasia y otras con pocos individuos infectados. En algunas poblaciones, su prevalencia depende de las estaciones del año debido a la variación ambiental. Los estudios indican que la neoplasia en los moluscos afecta al sistema inmunológico cuando los hemocitos normales son

Palabras clave |
neoplasia gonadal,
neoplasia diseminada,
sistema inmune.

reemplazados por hemocitos neoplásicos. Esto provoca una variación en los niveles de expresión de los genes asociados con la neoplasia y en los genes de respuesta inmunitaria. El método clásico para detectar esta patología es por histología; sin embargo, la neoplasia diseminada se detecta por análisis de hemolinfa. Para comprobar el diagnóstico se utilizan anticuerpos específicos para las células neoplásicas y las estimaciones se construyen por citometría de flujo. También es posible detectar la neoplasia hemocítica en los moluscos bivalvos con herramientas de biología molecular. Por ejemplo, midiendo los cambios de expresión de los biomarcadores moleculares como la superfamilia del gen *p53*, retroelementos y proteínas de choque térmico.

ABSTRACT | Emerging disease in mollusks is one that has acquired an epizootic character. It appears in places that have not been reported before and becomes a threat. In this context, two types of neoplasia affect mollusks with commercial relevance. These are the disseminated and the gonadal neoplasia. Disseminated neoplasia is also known as leukemia, hemocytic neoplasia, or hematic neoplasia. Around the world, this type of neoplasia has been reported in 23 marine bivalve species and gonadal neoplasia in 14 species. Disseminated neoplasia develops in hemocytes and is transmitted to healthy individuals. Gonadal neoplasia occurs in germ cells. Neoplasia is characterized by the uncontrolled proliferation of neoplastic cells, invasion of cells into other tissues, cellular and nuclear diameter increase, atypical cell structure, metastasis, and host death. Neoplasia is associated with viruses, genetic inheritance, retrotransposons, pollution, chemical carcinogens, and biotoxins linked to dinoflagellates. In the different marine bivalve natural or commercial populations, it is possible to find some with epizootic levels of neoplasia, and others with a few infected individuals. In some populations, their prevalence is seasonally dependent due to environmental variation. Studies indicate that neoplasia in marine bivalves affects the immune system when normal hemocytes are replaced by neoplastic hemocytes. This causes variation in the expression levels of neoplasia-related genes and immune response genes. Histology is the classic method for detecting this pathology, although disseminated neoplasia is detected by hemolymph analysis. Also, antibodies specific to neoplastic cells are used to verify the diagnosis and flow cytometry estimations. It is also possible to detect hemocytic neoplasia in bivalve mollusks with molecular biology tools, for instance, to determine expression level changes of molecular biomarkers such as the *p53* gene superfamily, retroelements, and heat shock proteins.

Keywords |

gonadal neoplasia,
disseminated neoplasia,
immune system.

NEOPLASIA EN ORGANISMOS MARINOS

La neoplasia se define como un trastorno del crecimiento caracterizado por un crecimiento celular atípico incontrolado que no está regulado por los mecanismos normales de crecimiento, y que continúa incluso después de que el estímulo inicial ha terminado (Carballal *et al.*, 2011). Un tumor se define como una masa anormal de tejido (Barber, 2004). Es el resultado de una neoplasia o proliferación celular incontrolada, hiperplasia o proliferación celular no neoplásica controlada, e hipertrofia no neoplásica o aumento del tamaño de la célula (Barber, 2004). Los tumores en moluscos se dividen en mortales o malignos y en benignos o no mortales (Barber, 2004). Los tumores malignos se caracterizan por estructura atípica, figuras mitóticas, crecimiento rápido, progresivo e invasivo, metástasis y la muerte del huésped (Barber, 2004). Existen criterios para diferenciar los trastornos proliferativos o tumores en los moluscos, como la neoplasia, la hiperplasia y la respuesta a las lesiones o a la infección (Pauley, 1969).

Numerosas investigaciones han descrito tumores y neoplasias en moluscos de todo el mundo (Di *et al.*, 2011; Carballal *et al.*, 2011; Michael, 1986; Ruiz *et al.*, 2012). Se generan principalmente por contaminantes ambientales como el benzo(a)pireno, hidrocarburos aromáticos policíclicos de alto peso molecular, fuelóleo, metales pesados, herbicidas y biotoxinas (Di *et al.*, 2011; Carballal *et al.*, 2011; Michael, 1986; Ruiz *et al.*, 2012). Además, se han sugerido varios orígenes asociados a la presencia de células con neoplasia en los mitílidos (Bouallegui, 2019; Dujon *et al.*, 2020; Landsber, 1996). Por ejemplo, la genética, carcinógenos químicos, los virus, los retrotransposones, los contaminantes, la inestabilidad genómica causada por la exposición a la radiación UV en especies intermareales (Bouallegui, 2019; Dujon *et al.*, 2020; Landsber, 1996). También biotoxinas como la intoxicación parálitica por mariscos (PSP) asociada a los dinoflagelados *Alexandrium tamarense*, *A. minutum*, *A. fundyense* y *A. catenella* (Bouallegui, 2019; Dujon *et al.*, 2020; Landsber, 1996).

La correlación entre la presencia de la neoplasia diseminada epizoótica y las microalgas es todavía circunstancial, por lo tanto es necesario continuar investigando en experimentos de campo y de laboratorio para confirmar esta hipótesis (Landsber, 1996). Todavía se sabe poco sobre el origen y los factores críticos ambientales que causan la neoplasia diseminada en los moluscos bivalvos (Dujon *et al.*, 2020). También se ha investigado poco sobre la interacción huésped-patógeno en la neoplasia transmisible en moluscos bivalvos (Dujon *et al.*, 2020). Es probable que las células neoplásicas eludan el sistema inmunológico de los moluscos bivalvos haciendo uso de la regulación epigenética mediante la plasticidad fenotípica, sin embargo, esto todavía no se ha demostrado (Dujon *et al.*, 2020; Rondon *et al.*, 2017; Ujvari *et al.*, 2016a, 2016b).

En las últimas décadas, ha aumentado la frecuencia de dos tipos de cáncer que afectan negativamente a los cultivos de bivalvos marinos de importancia comercial, lo que ha causado una elevada mortalidad y problemas ambientales (Landsber, 1996). Se conocen como neoplasia diseminada y neoplasia gonadal (Barber, 2004). La primera se caracteriza por la proliferación de células circulantes anormales de origen desconocido (Barber, 2004). La segunda se caracteriza por la proliferación de células germinales indiferenciadas (Barber, 2004). La neoplasia gonadal es el segundo tipo de tumor más frecuente en los moluscos bivalvos (Carballal *et al.*, 2011). Se caracteriza por la presencia de células pequeñas, basófilas e indiferenciadas que se originan en los folículos gonadales, donde se multiplican y se desplazan a los tejidos cercanos (Barber, 2004).

Se detectó neoplasia gonadal en diferentes especies de bivalvos de todo el mundo (Hesselman *et al.*, 1988; Carballal *et al.*, 2011; Neff *et al.*, 1987; Pauley & Sayce, 1968; Twomey & Mulcahy, 1988). Por ejemplo, en *Arctica islandica*, *Argopecten irradians*, *Cardium edule*, *Crassostrea gigas*, *Crassostrea virginica*, *Macoma calcárea*, *Mercenaria mercenaria*, *Mercenaria campechiensis*, *Mya arenaria*, *Mytilus sp.*, *Ostrea chilensis* y *Ensis arcuatus* (Hesselman *et al.*, 1988; Carballal *et al.*, 2011; Neff *et al.*, 1987; Pauley & Sayce, 1968; Twomey & Mulcahy, 1988). En la almeja *Mercenaria mercenaria* y en *M. arenaria* la neoplasia gonadal identificada se presentó en un número elevado e inusual de individuos con porcentajes de prevalencia cercanos al 50% en las hembras (Barber, 2004; Peters *et al.*, 1994). Esto genera un efecto negativo en la tasa de reproducción y bajas mortalidades (Barber, 2004; Peters *et al.*, 1994).

La neoplasia diseminada se ha descrito con varios nombres como probable enfermedad neoplásica del sistema hematopoyético, neoplasia hematopoyética, sarcoma diseminado y neoplasia hemática (Barber, 2004). Aún no hay suficiente evidencia para determinar el origen de las células proliferantes y responder al por qué existe más de un tejido de origen de esta patología (Barber, 2004). Este tipo de neoplasia es progresiva y posee algunas características comunes a todas las especies de moluscos, entre ellas presencia de células circulantes anaplásicas grandes en el tejido conectivo, vasos sanguíneos, senos de la masa visceral, senos de múltiples órganos, en el músculo y el tejido del manto (Barber, 2004; Carballal *et al.*, 2015). Las células presentan una hipertrofia de dos a cuatro veces el diámetro de los hemocitos normales, con un núcleo hiper cromático y pleomórfico con uno o más nucléolos (Barber, 2004). Además, se registran células con forma esférica u ovoide, una alta proporción de núcleo a citoplasma, y figuras mitóticas (Carballal *et al.*, 2015). Neoplasia diseminada ha sido reportada en 23 especies de moluscos bivalvos marinos en todo el mundo (Carballal *et al.*, 2015). Por ejemplo, existen reportes de presencia de neoplasia diseminada en *Mytilus galloprovincialis*, registrando un ligero aumento en el índice de condición promedio de los individuos (Gombač *et al.*, 2013). Además, se ha observado que la prevalencia de la neoplasia varía de acuerdo a la especie de bivalvos, con una mayor prevalencia epizoótica en *Mytilus trossulus* en los estados de Washington y Oregon en Estados Unidos, *M. arenaria*, *Cerastoderma edule*; y

menor prevalencia en *Ostrea edulis*, *Macoma balthica*, *Ostrea conchaphila*, y *Mytilus edulis* en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y Dinamarca (Ciocan & Sunila, 2005; Landsber, 1996; Lohrmann et al., 2019). Para *M. galloprovincialis* se ha registrado baja prevalencia de neoplasia (Villalba et al., 1997). Por ejemplo, un estudio realizado en las Rías de Galicia donde fueron muestreados 1852 ejemplares de *M. galloprovincialis* desde cuerdas de cultivo durante un año, con un tamaño de cosecha de 70 mm, se detectó neoplasia diseminada en 5 mejillones, equivalente al 0,27% de la muestra (Villalba et al., 1997). Estos mejillones se caracterizaron por presentar células hipertrofiadas infiltradas en el tejido conectivo de los órganos, senos nasales alrededor del estómago y vasos sanguíneos, poco citoplasma en el borde, núcleos pleomórficos de 15 µm de longitud con cromatina dispersa, uno o dos nucléolos prominentes, figuras mitóticas, dilatación de los filamentos branquiales, atrofia de los divertículos digestivos y destrucción de los folículos gonadales (Villalba et al., 1997). En *Mytilus chilensis*, en el Canal Beagle, Argentina se reportó un 13,3% de prevalencia de neoplasia, en el que los 4 individuos afectados fueron hembras con las gónadas atrofiadas (Cremonte et al., 2011). Mientras que en Chile, se detectó en diferentes estudios una prevalencia de neoplasia en del 2,4% al 10% de los individuos analizados en la Isla de Chiloé (Campalans et al., 1998; Cremonte et al., 2015; Lohrmann et al., 2019). Sin embargo, no observó la patología en poblaciones silvestres (Lohrmann et al., 2019). Además, se reportó neoplasia en etapa inicial o grado I detectada en el vaso de la hemolinfa branquial en el 70% de los choritos enfermos en Calbuco y el 80% en Castro, por lo que los autores sugieren que el desarrollo de la neoplasia ocurre en el tejido branquial (Lohrmann et al., 2019). Los autores explican la escasa frecuencia de la enfermedad en etapa III al hecho que los choritos no alcanzaron dicha etapa al ser cosechados o que podrían haber sido parte de la mortalidad generada previo a la identificación de la enfermedad (Lohrmann et al., 2019). Por otra parte, se ha encontrado una relación entre la prevalencia de neoplasia diseminada y las estaciones del año (Gombač et al., 2013). Por ejemplo, en *M. galloprovincialis* se ha registrado una mayor frecuencia de células neoplásicas en primavera y otoño (Carrasco et al., 2007; Gombač et al., 2013). En un estudio realizado durante 5 años en *Mytilus edulis* en la Bahía de Yaquina, Oregón se ha caracterizado una mayor prevalencia de neoplasia en los meses de enero a marzo, sin progresión histopatológica estacional de la enfermedad, debido a que los casos de neoplasia en etapas tempranas y avanzadas ocurrieron de forma aleatoria y no estuvieron relacionadas con la estación del año (Mix, 1983).

Adicionalmente, se ha identificado neoplasia de tipo transmisibles en organismos vertebrados como demonio de Tasmania (*Sarcophilus harrisi*), perro doméstico (*Canis lupus familiaris*), hámster sirio (*Mesocricetus auratus*) (Ostrander et al., 2016) e invertebrados como moluscos bivalvos, en los cuales las células cancerosas actúan como un agente infeccioso (Yonemitsu et al., 2019). La neoplasia diseminada con frecuencia progresa hasta la muerte del bivalvo, sin embargo, algunos tienen la capacidad de recuperarse (Villalba et al., 1997). Por ejemplo, existen reportes de transmisión de neoplasia diseminada en *M. trossulus*, *Cerastoderma edule* y *Polittapes aureus*

(Metzger *et al.*, 2016). En las dos primeras especies la neoplasia fue proveniente del mismo linaje (Metzger *et al.*, 2016). Sin embargo, en *P. aureus* la transmisión fue desde una tercera especie, *Venerupis corrugada* (Lohrmann *et al.*, 2019; Metzger *et al.*, 2016). También en *M. edulis* se ha observado transmisión de este tipo de neoplasia luego de inyecciones de células neoplásicas y por cohabitación (Lohrmann *et al.*, 2019). Además, se ha reportado transmisión de neoplasia diseminada en *M. Arenaria* (Metzger *et al.*, 2016). Por otra parte, se ha descrito que el linaje de células neoplásicas transmisibles de *M. chilensis* en América del Sur y *M. edulis* en Europa es casi idéntico (Lohrmann *et al.*, 2019). Sugiriendo que este linaje de cáncer se originó en una tercera especie de mejillón (*M. trossulus*) (Lohrmann *et al.*, 2019). Por lo tanto, un solo linaje de cáncer transmisible se cruzó en dos nuevas especies hospederas y se transfirió a través de los océanos Atlántico y Pacífico y entre los hemisferios norte y sur (Yonemitsu *et al.*, 2019). Estos resultados indican que el cáncer se está propagando entre los moluscos bivalvos en el medio marino como una célula transmisible clonal derivada de una sola almeja original y que la transmisión horizontal de células cancerosas está más difundida en el mar de lo que se conocía anteriormente (Metzger *et al.*, 2015). En *M. chilensis* la etiología de la neoplasia es incierta (Campalans *et al.*, 1998). Sin embargo se ha sugerido un origen hemocítico correlacionado con la presencia de un retrovirus, oncogenes, y a contaminantes químicos derivados del petróleo crudo como el dicloro difenil dicloroetano (DDD) y el dicloro difenil tricloroetano (DDT) (Campalans *et al.*, 1998).

Muchos casos de neoplasia no transmisible se originan en forma directa o indirecta por agentes infecciosos (Aktipis *et al.*, 2015; De Martel *et al.*, 2012; Dujon *et al.*, 2020; Ewald & Swain Ewald, 2015; Vittecoq *et al.*, 2015; Vittecoq *et al.*, 2013). La neoplasia transmisible se origina solo por la transferencia de células neoplásicas vivas (Aktipis *et al.*, 2015; De Martel *et al.*, 2012; Dujon *et al.*, 2020; Ewald & Swain Ewald, 2015; Vittecoq *et al.*, 2015; Vittecoq *et al.*, 2013). La neoplasia transmisible no se transmite por medio de células neoplásicas muertas o filtradas (Aktipis *et al.*, 2015; De Martel *et al.*, 2012; Dujon *et al.*, 2020; Ewald & Swain Ewald, 2015; Vittecoq *et al.*, 2015; Vittecoq *et al.*, 2013). En la neoplasia no transmisible, las células neoplásicas mueren con su huésped (Dujon *et al.*, 2020; Ujvari *et al.*, 2017). Las células neoplásicas transmisibles han evolucionado para favorecer su selección natural (Dujon *et al.*, 2020; Ujvari *et al.*, 2017). Tienen la capacidad de no morir con su huésped al ser capaces de moverse a otro chorito (Dujon *et al.*, 2020; Ujvari *et al.*, 2017). El comportamiento de estas células es similar al de un parásito porque viven y se alimentan del huésped (Dujon *et al.*, 2020). Se ha sugerido que cuando la población de moluscos disminuye, la concentración de células transmisibles en el huésped aumenta (Dujon *et al.*, 2020; Lootvoet *et al.*, 2013; Sangster, 2002). Por consiguiente, aumenta la probabilidad de infectar a otro huésped situado en una zona cercana liberando una mayor cantidad de células neoplásicas en el agua (Dujon *et al.*, 2020; Lootvoet *et al.*, 2013; Sangster, 2002). El aumento de células neoplásicas transmisibles por el huésped aumenta el consumo de nutrientes en el chorito (Dujon *et al.*, 2020; Emelianov, 2007).

El rol en el ecosistema de estas células es regular el tamaño de la población del huésped y aumentar la presión de selección de los choritos resistentes a esta enfermedad (Dujon *et al.*, 2020). Se ha propuesto que la resistencia proviene del sistema inmunológico del huésped, capaz de reconocer las células neoplásicas transmisibles y evitar ser infectado (Dujon *et al.*, 2020; Metzger *et al.*, 2016). Por consiguiente, se ha formulado la hipótesis de que esta capacidad de resistencia es heredada por los descendientes de la población (Dujon *et al.*, 2020; Metzger *et al.*, 2016).

La letalidad y el éxito de la transmisión de la neoplasia transmisible en los moluscos bivalvos dependen de factores biológicos y ambientales (Dujon *et al.*, 2020; Siddle & Kaufman, 2013; Taraska & Anne Böttger, 2013; Ujvari *et al.*, 2016a). Los factores biológicos son la cantidad de células neoplásicas transmisibles y el número de veces que tienen contacto con el posible huésped antes de su introducción (Dujon *et al.*, 2020; Siddle & Kaufman, 2013; Taraska & Anne Böttger, 2013; Ujvari *et al.*, 2016a). Además, la similitud genética entre los huéspedes, la competencia celular, el sistema inmunológico, la disponibilidad de nutrientes en el huésped, el tamaño del huésped y el número de células neoplásicas que se desprenden del mismo (Dujon *et al.*, 2020; Siddle & Kaufman, 2013; Taraska & Anne Böttger, 2013; Ujvari *et al.*, 2016a). Los factores ambientales son los patrones temporales y espaciales durante el transporte de las células neoplásicas en el agua (Dujon *et al.*, 2020; Siddle & Kaufman, 2013; Taraska & Anne Böttger, 2013; Ujvari *et al.*, 2016a). Además, la velocidad de la corriente, y las barreras de transmisión como la marea y la zona intermareal (Dujon *et al.*, 2020; Siddle & Kaufman, 2013; Taraska & Anne Böttger, 2013; Ujvari *et al.*, 2016a).

En la dinámica de la propagación de la neoplasia transmisibles, es necesario que el inóculo sea elevado (Barfield *et al.*, 2015; Dujon *et al.*, 2020; Leggett *et al.*, 2012). Se ha reportado tasas de infección del 33 y del 50% mediante inyecciones de 106 y 107 células neoplásicas (Dujon *et al.*, 2020). Se ha informado de que sólo una de cada 10.000 células neoplásicas puede superar la cascada metastásica y generar metástasis en el huésped (Chambers *et al.*, 2002; Dujon *et al.*, 2020). Las células neoplásicas de los moluscos bivalvos permanecen vivas hasta 6 horas en el agua de mar y 48 horas en el agua de estuario (Dujon *et al.*, 2020). También son viables después de ser congeladas (Dujon *et al.*, 2020).

CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE PRESENCIA DE NEOPLASIA EN MOLUSCOS BIVALVOS

En *Mytilus edulis* la neoplasia diseminada se ha caracterizado por presencia inicial de células anaplásicas alrededor del epitelio del estómago y luego infiltración abundante de células anaplásicas en todos los tejidos con una mayor densidad de hemocitos (Galimany & Sunila, 2008). En *M. galloprovincialis*, se han descrito cinco tipos de hemocitos atípicos (Carballal *et al.*, 2015). Dentro

de ellas células neoplásicas tipo A y B, encontradas por primera vez en *M. edulis* (Lowe & Moore, 1978). Las células tipo A se han caracterizado por ser pleomórficas de forma ovoide con núcleos vesiculares y nucléolos visibles (Carella *et al.*, 2013). Estas células son altamente abundantes en los inicios de la patología. Mientras que las células B son evidentes en la fase avanzada y se han caracterizado por tener una forma redondeada con núcleos de patrón de cromatina (Carella *et al.*, 2013). Adicionalmente, se han identificado otros tipos de células morfológicas atípicas binucleadas, gigantes multinucleadas y escindidas, las cuales se han clasificado como subtipos de células A y B (Carella *et al.*, 2013). Además, en *M. edulis* con neoplasia se han observado que hemocitos normales son reemplazados por hemocitos neoplásicos en vasos hemolinfáticos (Campalans *et al.*, 1998).

En *M. galloprovincialis*, colectados en la costa rumana del Mar Negro a una profundidad de 2 a 2,5 m en 1996, fue reportado un caso de neoplasia diseminada en el tejido branquial de 200 organismos muestreados de 50 – 70 mm de longitud (Ciocan & Sunila, 2005). En estos organismos se encontraron signos de neoplasia como células anaplásicas largas y atípicas ($7,36 \pm 0,08 \mu\text{m}$ de diámetro), con núcleos excéntricos e hiper cromáticos (Ciocan & Sunila, 2005). En el mar esloveno se ha detectado neoplasia diseminada con una prevalencia del 1,25 % en adultos de *M. galloprovincialis* de cultivo, y una prevalencia de 0,6 de una muestra obtenida de bancos naturales (Gombač *et al.*, 2013). Los organismos con signos de neoplasia presentaban células neoplásicas pleomórficas bi y trinucleadas con diámetro de 12 a 30,1 μm , núcleos grandes hiper cromáticos, pleomórficos de 4,3 a 22,7 μm de diámetro con cromatina dispersa y sin núcleos, relación núcleo citoplasma alta, número de mitosis alto e infiltración de tejido conectivo en los vasos sanguíneos (Gombač *et al.*, 2013).

En *M. chilensis* se ha descrito neoplasia diseminada en el tejido digestivo y manto en poblaciones de la isla de Chiloé, sin embargo, en la zona continental (Calbuco) no se ha evidenciado la enfermedad. (Campalans *et al.*, 1998). El estudio ha reportado que las células neoplásicas que se infiltraron en el tejido de la glándula digestiva de la población de Chiloé se ha caracterizado por ser células atípicas con diámetros grandes entre 8 y 11 μm en contraste con los hemocitos normales con diámetros entre 6 y 9 μm (Campalans *et al.*, 1998). Las células atípicas han presentado núcleos basófilos con poco citoplasma y con diámetro de 8 a 10 μm en contraste con los hemocitos normales de 4 μm de diámetro (Campalans *et al.*, 1998). Las células atípicas encontradas presentaron alta actividad mitótica, destruyendo el tejido normal de los túbulos digestivos (Campalans *et al.*, 1998).

CARACTERÍSTICAS GENOTÍPICAS DE PRESENCIA DE NEOPLASIA EN MOLUSCOS BIVALVOS

El gen supresor de tumores *TP53* es conocido como el gen maestro debido a que es el gen con una mayor tasa de mutación presente en células humanas, con mutaciones somáticas de más del 53%

de neoplasias conocidas, participa en diferentes funciones fisiológicas de la célula (Rangel-López *et al.*, 2006). Este gen codifica para una fosfoproteína nuclear multifuncional de 53 kD conocida como *p53*, esta proteína aumenta su cantidad en la célula por señales de estrés celular (Rangel-López *et al.*, 2006). La proteína *p53* es un supresor tumoral importante que regula la expresión de genes implicados en el control del ciclo celular y mantiene la estabilidad genética (Belyi *et al.*, 2010). La *p53* es considerada como parte del sistema de defensa contra neoplasias porque participa en la destrucción de células mediante la inducción de apoptosis cuando están dañadas por senescencia celular o cuando no pueden ser reparadas y son potencialmente dañinas en el individuo (Rangel-López *et al.*, 2006). El cáncer de hemocitos en bivalvos ha sido el único modelo animal hasta ahora investigado en el que *p53* de tipo silvestre secuestrado citoplasmáticamente puede reactivarse tanto *in vitro* como *in vivo* utilizando terapias genotóxicas como no genotóxicas (Walker *et al.*, 2012). Estudios han sugerido que el secuestro citoplasmático a base de la proteína mortalina de *p53* de tipo silvestre en hemocitos de bivalvos neoplásicos puede revertirse mediante el tratamiento con fármacos antineoplásicos también empleados contra enfermedades humanas (Walker *et al.*, 2012).

En condiciones de estrés, como la exposición a contaminantes químicos como el plomo, se ha registrado activación del gen *p53* causando la acumulación de la proteína y la posterior alteración de la expresión génica (Williams & Hubberstey, 2014). Además, se ha demostrado que cuando una célula es expuesta a diferentes contaminantes, los niveles de ARN mensajero (ARNm) de *p53* o niveles de proteína son distintas (Guerreiro *et al.*, 2018). La respuesta celular en vertebrados contra la exposición a contaminantes como plomo es similar al de los invertebrados (Guerreiro *et al.*, 2018). Por ejemplo, en *M. edulis* se ha encontrado altos niveles de ARNm de *p53* en glándula digestiva luego de la exposición a plomo (Guerreiro *et al.*, 2018). Así también, un estudio realizado en rodaballo juvenil (*Scophthalmus maximus*) y *M. edulis* expuestos a hidrocarburos, observó el cambio de expresión de genes asociados al desarrollo de cáncer (Ruiz *et al.*, 2012). Se registró en rodaballo un incremento en la expresión de los genes *p53* y *gadd45a* luego de 14 días (Ruiz *et al.*, 2012). Mientras que en *M. edulis* luego de 3 días se observó registró una reducción de la expresión de *p53* (Ruiz *et al.*, 2012). Esto demuestra que las respuestas transcripcionales son diferentes en mejillones en comparación con rodaballo debido a que los mejillones tienen diferentes mecanismos para responder al daño del ADN (Ruiz *et al.*, 2012). Además, que los biomarcadores moleculares, como el nivel de transcripción de genes relacionados con el cáncer, son más sensibles a la exposición a contaminantes en los peces que en los moluscos (Ruiz *et al.*, 2012).

En *M. edulis* *p53* es utilizado como bioindicador de células neoplásicas, con baja homología respecto a otras secuencias del gen reportadas en invertebrados (Ciocan & Rotchell, 2005). La superfamilia del gen *p53* como *mdm*, *ras*, *p63/73* y las proteínas de choque térmico como *Hsp70* y *Hsp90*, altamente conservadas evolutivamente en moluscos, también son utilizados como

biomarcadores de neoplasia diseminada (Carella *et al.*, 2015). La isoforma *p53* se ha detectado en las branquias, glándula digestiva, músculo aductor, manto y hemocitos de *M. edulis* (Di *et al.*, 2011). En hemocitos de bivalvos con neoplasia diseminada, se ha informado un aumento significativo en los niveles de ARNm tipo *p53*, y la activación de la apoptosis celular mediada por *p53* en respuesta al daño del ADN (Ruiz *et al.*, 2012). Además, de los genes *p53*, *ras* y *GADD45* también regulan la estabilidad del genoma durante el ciclo celular, los que a su vez están regulados por *p53* (Ruiz *et al.*, 2012). En respuesta al daño del ADN, la progresión del ciclo celular se detiene en los puntos de control, donde las proteínas *GADD45* juegan un papel importante en la reparación del ADN antes de ingresar a las fases S o M (Ruiz *et al.*, 2012). Incrementos en la expresión del gen *p53* también se ha descrito en diferentes especies de moluscos bivalvos con neoplasia como *M. arenaria*, *M. trossulus* y *Cerastoderma edule* (Guerreiro *et al.*, 2018). En moluscos bivalvos, se ha observado que los hemocitos neoplásicos exhiben niveles elevados de ARNm de las isoformas *p53* y $\Delta Np63/73$ en comparación con los hemocitos normales (Guerreiro *et al.*, 2018). La isoforma $\Delta Np63/73$ puede interferir en las funciones de las otras isoformas como *p53* y *TAp63/73*, bloqueando la recuperación del estrés (Guerreiro *et al.*, 2018). Además, un equilibrio en los niveles de expresión entre las isoformas puede proteger a las células del daño y asegurar la homeostasis luego de la exposición a contaminantes ambientales (Guerreiro *et al.*, 2018). Las isoformas del gen *p53* se expresan de manera específica en diferentes tejidos (Guerreiro *et al.*, 2018). Esto se ha evidenciado en la respuesta celular de *M. edulis* al ser expuesta al plomo provocando una disminución de los niveles de la isoforma $\Delta Np63/73$ en las branquias y una mayor actividad de *p53* en la glándula digestiva (Guerreiro *et al.*, 2018).

EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE NEOPLASIA EN EL SISTEMA INMUNE DE BIVALVOS

Las respuesta del sistema inmune en mitílidos están mediadas por los hemocitos, que se clasifican en células granulares y células hialinas o agranulares (Dyrynda *et al.*, 1998). Se encuentran subdivididas en basófilos o eosinófilos (Friebel & Renwranz, 1995). Los hemocitos reconocen y destruyen cuerpos extraños por fagocitosis y la secreción de factores antimicrobianos y citotóxicos solubles en la hemolinfa (Dyrynda *et al.*, 1998). En los moluscos bivalvos, debido a la naturaleza de su circulación abierta de hemolinfa, hay un flujo constante de hemocitos desde los vasos circulatorios hacia los senos dentro de los tejidos (Bouallegui, 2019). El sistema inmune de estos organismos tiene una capacidad discriminativa hacia los microorganismos como cambios fenotípicos en su estructura, cantidad, adherencia, incremento de ROS, mortalidad y cinética del aclaramiento bacteriano (Bouallegui, 2019). En respuesta a las infecciones, las moléculas quimiotácticas inducen la migración unidireccional temporal de los hemocitos de un compartimento a otro, lo que resulta en un mayor número de hemocitos, conocido como hemocitosis (Bouallegui, 2019). El aumento del número de hemocitos se ha asociado a la exposición al estrés, toxinas,

contaminantes e insultos patógenos (sepsis) (Bouallegui, 2019). Se ha planteado que la hemocitosis puede ser un intento del huésped de regresar a la homeostasis después de las perturbaciones, estas variaciones pueden ser agudas o retardadas dependiendo del huésped y del carácter antigénico de la bacteria (Bouallegui, 2019). Debido a que la neoplasia altera el desarrollo de hemocitos, es posible inferir que en organismos que presenten neoplasia habrá un efecto negativo en la respuesta inmune de bivalvos haciéndolos susceptibles a patógenos. Por ejemplo, en *M. galloprovincialis* se ha observado que los hemocitos normales son reemplazados gradualmente por las células neoplásicas, mediante infiltración de células anormales en el tejido conectivo generando mortalidad significativa (Barber, 2004; Ciocan & Sunila, 2005; Gombač *et al.*, 2013). Además, se ha reportado que los hemocitos neoplásicos presentan menor actividad fagocítica, alto grado de apoptosis, mayor densidad y actividad inmune limitada en comparación a los hemocitos sanos (Bouallegui, 2019; Galimany & Sunila, 2008).

PERSPECTIVAS

En Chile, la mitilicultura es la segunda actividad acuícola más importante, después de la salmonicultura, por lo que es importante identificar los diferentes riesgos a los que están expuestos los cultivos y las poblaciones silvestres. Las poblaciones de choritos (*Mytilus chilensis*) tienen una baja frecuencia de neoplasias. La neoplasia es más frecuente en los individuos procedentes de los cultivos que en los procedentes de los bancos naturales, sin alcanzar niveles de epizootia. Sin embargo, quedan importantes preguntas sin responder en cuanto a ¿cuál podría ser la incidencia de la neoplasia en los centros de cultivo de *M. chilensis* en el sur de Chile? y ¿cuál es el efecto de la neoplasia en la respuesta inmune de *M. chilensis*? Por lo tanto, el estudio de la neoplasia transmisible en *M. chilensis* y su efecto en la respuesta inmune es de gran importancia. Podría proporcionar un conocimiento fundamental en el diseño de un mapa de riesgo georreferencial de la neoplasia transmisible. Con ello se podría evaluar la viabilidad de un programa de vigilancia permanente para complementar el manejo de los mejillones cultivados en el sur de Chile. Además, para comprender cómo evoluciona el cáncer en su huésped con diferentes factores de estrés ambiental, es necesario aprender más sobre los cambios genotípicos y fenotípicos del cáncer transmisible.

Agradecimientos

El autor (MMR) agradece el financiamiento otorgado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) - Ecuador / Contrato Nro. CZ05-000735-2018, así como la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) – Chile / Subdirección de Capital Humano / Beca de Doctorado Nacional 2019 - Folio 21190791 y el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP) – Ecuador.

REFERENCIAS

- Aktipis, C. A., Boddy, A. M., Jansen, G., Hibner, U., Hochberg, M. E., Maley, C. C., & Wilkinson, G. S. (2015). Cancer across the tree of life: cooperation and cheating in multicellularity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1673), 20140219. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0219>
- Barber, B. (2004). Neoplastic diseases of commercially important marine bivalves. *Aquatic Living Resources*, 17, 449–466. <https://doi.org/DOI:10.1051/alr:2004052>
- Barfield, M., Orive, M. E., & Holt, R. D. (2015). The role of pathogen shedding in linking within- and between-host pathogen dynamics. *Mathematical Biosciences*, 270, 249–262. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mbs.2015.04.010>
- Belyi, V. A., Ak, P., Markert, E., Wang, H., Hu, W., Puzio-Kuter, A., & Levine, A. J. (2010). The origins and evolution of the *p53* family of genes. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(6), a001198. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a001198>
- Bouallegui, Y. (2019). Immunity in mussels: An overview of molecular components and mechanisms with a focus on the functional defenses. *Fish & Shellfish Immunology*, 89, 158–169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.03.057>
- Campalans, M., González, M., & Rojas, P. (1998). Neoplasia in *Mytilus chilensis* Cultivated in Chiloe Island (Chile). *Bulletin - European Association of Fish Pathologists*, 18(3), 93–95.
- Carballal, M. J., Barber, B. J., Iglesias, D., & Villalba, A. (2015). Neoplastic diseases of marine bivalves. *Journal of Invertebrate Pathology*, 131, 83–106. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.06.004>
- Carballal, M., Iglesias, D. & Díaz, S. (2011). Enfermedades de moluscos bivalvos de interés en Acuicultura. Editorial paraninfo
- Carella, F., Feist, S. W., Bignell, J. P., & De Vico, G. (2015). Comparative pathology in bivalves: Aetiological agents and disease processes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 131, 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.012>
- Carella, F., Figueras, A., Novoa, B., & De Vico, G. (2013). Cytomorphology and PCNA expression pattern in bivalves *Mytilus galloprovincialis* and *Cerastoderma edule* with haemic neoplasia. *Diseases of Aquatic Organisms*, 105(1), 81–87. <https://doi.org/10.3354/dao02612>
- Carrasco, N., López-Flores, I., Alcaraz, M., Furones, M. D., Berthe, F. C. J., & Arzul, I. (2007). Dynamics of the parasite *Marteilia refringens* (Paramyxia) in *Mytilus galloprovincialis* and zooplankton populations in Alfacs Bay (Catalonia, Spain). *Parasitology*, 134(11), 1541–1550. <https://doi.org/10.1017/S0031182007003009>
- Chambers, A. F., Groom, A. C., & MacDonald, I. C. (2002). Dissemination and growth of cancer cells in metastatic sites. *Nature Reviews Cancer*, 2(8), 563–572. <https://doi.org/10.1038/nrc865>
- Ciocan, C., & Sunila, I. (2005). Disseminated neoplasia in blue mussels, *Mytilus galloprovincialis*, from the Black Sea, Romania. *Marine Pollution Bulletin*, 50(11), 1335–1339.

- <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.042>
- Ciocan, C. M., & Rotchell, J. M. (2005). Conservation of cancer genes in the marine invertebrate *Mytilus edulis*. *Environmental Science & Technology*, 39(9), 3029-3033. <https://doi.org/10.1021/es0400887>
- Cremonte, F., Puebla, C., Tilleria, J. & Videla, V. (2015). Histopathological survey of the mussel *Mytilus chilensis* (Mytilidae) and the clam *Gari solida* (Psammobiidae) from southern Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(1), 248-254.
- Cremonte, F., Vázquez, N., & Silva, M. (2011). Gonad Atrophy Caused by Disseminated Neoplasia in *Mytilus chilensis* Cultured in the Beagle Channel, Tierra Del Fuego Province, Argentina. *Journal of Shellfish Research*, 30(3), 845-849. <https://doi.org/10.2983/035.030.0325>
- De Martel, C., Ferlay, J., Franceschi, S., Vignat, J., Bray, F., Forman, D., & Plummer, M. (2012). Global burden of cancers attributable to infections in 2008: a review and synthetic analysis. *The Lancet Oncology*, 13(6), 607-615. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(12\)70137-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1470-2045(12)70137-7)
- Di, Y., Schroeder, D. C., Highfield, A., Readman, J. W., & Jha, A. N. (2011). Tissue-specific expression of *p53* and *ras* genes in response to the environmental genotoxicant benzo(α)pyrene in marine mussels. *Environmental Science & Technology*, 45(20), 8974-8981. <https://doi.org/10.1021/es201547x>
- Dujon, A. M., Gatenby, R. A., Bramwell, G., MacDonald, N., Dohrmann, E., Raven, N., . . . Ujvari, B. (2020). Transmissible Cancers in an Evolutionary Perspective. *iScience*, 23(7), 101269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101269>
- Dyrynda, E., Pipe, R., Burt, G., & Ratcliffe, N. (1998). Modulations in the immune defences of mussels (*Mytilus edulis*) from contaminated sites in the UK. *Aquatic Toxicology*(42), 169–185.
- Emelianov, I. (2007). How adaptive is parasite species diversity? *International Journal for Parasitology*, 37(8), 851-860. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2007.04.010>
- Ewald, P. W., & Swain Ewald, H. A. (2015). Infection and cancer in multicellular organisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1673), 20140224. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0224>
- Florencia, C., Nuria, V., & María Regina, S. (2011). Gonad Atrophy Caused by Disseminated Neoplasia in *Mytilus chilensis* Cultured in the Beagle Channel, Tierra Del Fuego Province, Argentina. *Journal of Shellfish Research*, 30(3), 845-849. <https://doi.org/10.2983/035.030.0325>
- Friebel, B., & Renwrantz, L. (1995). Application of density gradient centrifugation for separation of eosinophilic and basophilic hemocytes from *Mytilus edulis* and characterization of both cell groups. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 112(1), 81-90. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0300-9629\(95\)00086-M](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0300-9629(95)00086-M)
- Galimany, E., & Sunila, I. (2008). Several Cases of Disseminated Neoplasia in Mussels *Mytilus Edulis* (L.) In Western Long Island Sound. *Journal of Shellfish Research*, 27(5), 1201–1207.
- Gombač, M., Sitar, R., Pogačnik, M., Arzul, I., & Jenčič, V. (2013). Haemocytic neoplasia in

- Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in the Slovene Adriatic Sea. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 46(2), 135-143. <https://doi.org/DOI:10.1080/10236244.2013.782736>
- Guerreiro, A. d. S., Rola, R. C., Almeida, D. V., & Sandrini, J. Z. (2018). Transcriptional levels of the cancer-related genes *p53*, *TAp63/73*, and $\Delta Np63/73$ in the blue mussel (*Mytilus edulis*) after lead exposure. *Invertebrate Biology*, 137(1), 60-65. <https://doi.org/10.1111/ivb.12205>
- Hesselman, D. M., Blake, N. J., & Peters, E. C. (1988). Gonadal neoplasms in hard shell clams *Mercenaria spp.*, from the Indian River, Florida: occurrence, prevalence, and histopathology. *Journal of Invertebrate Pathology*, 52(3), 436-446. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(88\)90056-0](https://doi.org/10.1016/0022-2011(88)90056-0)
- Landsber, J. (1996). Neoplasia And Biotoxins In Bivalves: Is There A Connection?. *Journal of Shellfish Research*, 15(2), 203-230.
- Leggett, H. C., Cornwallis, C. K., & West, S. A. (2012). Mechanisms of Pathogenesis, Infective Dose and Virulence in Human Parasites. *PLOS Pathogens*, 8(2), e1002512. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002512>
- Lohrmann, K. B., Bustos, E., Rojas, R., Navarrete, F., Robotham, H., & Bignell, J. (2019). Histopathological assessment of the health status of *Mytilus chilensis* (Hupé 1854) in southern Chile. *Aquaculture*, 503, 40-50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.080>
- Lootvoet, A., Blanchet, S., Gevrey, M., Buisson, L., Tudesque, L., & Loot, G. (2013). Patterns and processes of alternative host use in a generalist parasite: insights from a natural host–parasite interaction. *Functional Ecology*, 27(6), 1403-1414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2435.12140>
- Lowe, D. M., & Moore, M. N. (1978). Cytology and quantitative cytochemistry of a proliferative atypical hemocytic condition in *Mytilus edulis* (Bivalvia, mollusca). *Journal of the National Cancer Institute*, 60(6), 1455-1459. <https://doi.org/10.1093/jnci/60.6.1455>
- Metzger, Michael J., Reinisch, C., Sherry, J., & Goff, Stephen P. (2015). Horizontal Transmission of Clonal Cancer Cells Causes Leukemia in Soft-Shell Clams. *Cell*, 161(2), 255-263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.02.042>
- Metzger, M. J., Villalba, A., Carballal, M. J., Iglesias, D., Sherry, J., Reinisch, C., . . . Goff, S. P. (2016). Widespread transmission of independent cancer lineages within multiple bivalve species. *Nature*, 534(7609), 705-709. <https://doi.org/10.1038/nature18599>
- Michael, C. (1986). Cancerous diseases in aquatic animals and their association with environmental pollutants: A critical literature review. *Marine Environmental Research*, 20(1), 1-141. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0141-1136\(86\)90013-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0141-1136(86)90013-9)
- Mix, M. C. (1983). Haemic neoplasms of bay mussels, *Mytilus edulis* L., from Oregon: occurrence, prevalence, seasonality and histopathological progression. *Journal of Fish Diseases*, 6(3), 239-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1983.tb00072.x>

- Neff, J. M., Hillman, R. E., Carr, R. S., Buhl, R. L., & Lahey, J. I. (1987). Histopathologic and Biochemical Responses in Arctic Marine Bivalve Molluscs Exposed to Experimentally Spilled Oil. *Arctic*, *40*, 220-229.
- Ostrander, E. A., Davis, B. W., & Ostrander, G. K. (2016). Transmissible Tumors: Breaking the Cancer Paradigm. *Trends Genet*, *32*(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2015.10.001>
- Pauley, G. B. (1969). A critical review of neoplasia and tumor-like lesions in mollusks. *Natl Cancer Inst Monogr*, *31*, 509-539.
- Pauley, G. B., & Sayce, C. S. (1968). An internal fibrous tumor in a Pacific oyster. *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology*, *10*(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(68\)90258-9](https://doi.org/10.1016/0022-2011(68)90258-9)
- Peters, E., Yevich, P., Harshbarger, J., Zaroogian, G. (1994). Comparative histopathology of gonadal neoplasms in marine bivalve molluscs. *Diseases of Aquatic Organisms*. *20*(1), 59-76.
- Rangel-López, A., Piña-Sánchez, P. & Salcedo, M. (2006). Variaciones genéticas del gen supresor de tumores TP53: relevancia y estrategias de análisis. *Revista de investigación clínica*, *58*(3).
- Rondon, R., Grunau, C., Fallet, M., Charlemagne, N., Sussarellu, R., Chaparro, C., . . . Cosseau, C. (2017). Effects of a parental exposure to diuron on Pacific oyster spat methylome. *Environmental Epigenetics*, *3*(1), dvx004. <https://doi.org/10.1093/eep/dvx004>
- Ruiz, P., Orbea, A., Rotchell, J. M., & Cajaraville, M. P. (2012). Transcriptional responses of cancer-related genes in turbot *Scophthalmus maximus* and mussels *Mytilus edulis* exposed to heavy fuel oil no. 6 and styrene. *Ecotoxicology*, *21*(3), 820-831. <https://doi.org/10.1007/s10646-011-0843-6>
- Sangster, N. C. (2002). Parasitism. The ecology and evolution of intimate interactions. *American Journal of Human Biology*, *14*(5), 690-691. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ajhb.10105>
- Siddle, H. V., & Kaufman, J. (2013). How the devil facial tumor disease escapes host immune responses. *Oncology*, *2*(8), e25235. <https://doi.org/10.4161/onci.25235>
- Taraska, N. G., & Anne Böttger, S. (2013). Selective initiation and transmission of disseminated neoplasia in the soft shell clam *Mya arenaria* dependent on natural disease prevalence and animal size. *Journal of Invertebrate Pathology*, *112*(1), 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.10.001>
- Twomey, E., & Mulcahy, M. F. (1988). Transmission of a sarcoma in the cockle *Cerastoderma edule* (Bivalvia; Mollusca) using cell transplants. *Developmental and Comparative Immunology*, *12*(1), 195-200. [https://doi.org/10.1016/0145-305x\(88\)90037-7](https://doi.org/10.1016/0145-305x(88)90037-7)
- Ujvari, B., Gatenby, R. A., & Thomas, F. (2016a). The evolutionary ecology of transmissible cancers. *Infection, Genetics and Evolution*, *39*, 293-303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.02.005>
- Ujvari, B., Gatenby, R. A., & Thomas, F. (2016b). Transmissible cancers, are they more common than thought? *Evolutionary applications*, *9*(5), 633-634. <https://doi.org/10.1111/eva.12372>
- Ujvari, B., Gatenby, R. A., & Thomas, F. (2017). Chapter 12 - Transmissible Cancer: The Evolution

- of Interindividual Metastasis. In B. Ujvari, B. Roche, & F. Thomas (Eds.), *Ecology and Evolution of Cancer* (pp. 167-179). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804310-3.00012-0>
- Villalba, A., Mourelle, S., Carballal, M., & Lopez, C. (1997). Symbionts and diseases of farmed mussels *Mytilus galloprovincialis* throughout the culture process in the Rias of Galicia (NW Spain). *Diseases of Aquatic Organisms*, *31*, 127-139.
- Vittecoq, M., Ducasse, H., Arnal, A., Møller, A. P., Ujvari, B., Jacqueline, C. B., . . . Thomas, F. (2015). Animal behaviour and cancer. *Animal Behaviour*, *101*, 19-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.12.001>
- Vittecoq, M., Roche, B., Daoust, S. P., Ducasse, H., Missé, D., Abadie, J., . . . Thomas, F. (2013). Cancer: a missing link in ecosystem functioning? *Trends in Ecology & Evolution*, *28*(11), 628-635. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.07.005>
- Walker, C., B., L., & S., B. (2012). Mortalin in Invertebrates and The Induction of Apoptosis by Wild-Type p53 Following Defeat of Mortalin-Based Cytoplasmic Sequestration in Cancerous Clam Hemocytes. In K. S. & W. R. (Eds.), *Mortalin Biology: Life, Stress and Death* (pp. 97-113). Springer.
- Williams, R., & Hubberstey, A. V. (2014). Benzo(a)pyrene exposure causes adaptive changes in p53 and CYP1A gene expression in Brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*). *Aquatic Toxicology*, *156*, 201-210. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.09.001>
- Yonemitsu, M. A., Giersch, R. M., Polo-Prieto, M., Hammel, M., Simon, A., Cremonte, F., . . . Metzger, M. J. (2019). A single clonal lineage of transmissible cancer identified in two marine mussel species in South America and Europe. *eLife*, *8*, e47788. <https://doi.org/10.7554/eLife.47788>

Crecimiento de caracol manzana *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) utilizando dos dietas artificiales elaboradas: con y sin adición de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, como fuente proteica

Growth of apple snail *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) using two elaborated artificial diets: with and without addition of *Spirulina subsauce* Oersted ex Gomont 1892, as protein source

Alejandra Torres-Ariño^{1,2*}, Luis Gabriel Vivaldo-Patracá^{2,3}

¹Instituto de Industrias,

²Laboratorio de Biotecnología de Microalgas,

³Programa Educativo de la Licenciatura en Ingeniería en Acuicultura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México.

Alejandra Torres-Ariño   cyanodarla@gmail.com

RESUMEN | Se realizó un experimento de nutrición en un cultivo de caracol manzana *Pomacea bridgesii*, donde se utilizaron 60 organismos a los cuales se les suministraron dos dietas (A y B) de alimento balanceado: una adicionada con harina de Spirulina (A) y la otra con harina de pescado (B). El cultivo se realizó en un sistema de recirculación conformado por seis unidades de cultivo, durante un periodo de diez semanas. Para evaluar la eficiencia de las dietas se utilizó la tasa de crecimiento absoluta (TCA), con un valor de $0,168 \pm 0,011$ para A y $0,162 \pm 0,009$ para B, la tasa de crecimiento específica (TCE), con un valor de $1,417 \pm 0,013$ para A y $1,416 \pm 0,065$ para B, en cuanto al factor de conversión alimenticia (FCA), se obtuvo un valor de $1,52 \pm 0,11$ para A y $1,33 \pm 0,08$ para B. Se realizó un análisis de varianza para la TCA y TCE, entre los tratamientos A y B, sin encontrar diferencias significativas. Se practicó un análisis de medidas repetidas para peso y talla, entre los tratamientos A y B, donde tampoco se encontraron diferencias significativas, con esto se puede decir que la dieta A, en la que se sustituyó una porción de harina de pescado por harina de Spirulina, ofreció los mismos resultados que la dieta B elaborada con harina de pescado como principal fuente de proteína, por lo que se podría reducir el uso de la harina de pescado en la formulación de alimentos acuícolas al menos para esta especie de caracol.

Palabras clave | alimento balanceado, cianobacteria, cultivo, gasterópodo, nutrición, proteína.

ABSTRACT | A nutrition experiment was carried out in a culture of manzana *Pomacea bridgesii* snail, where 60 organisms were used, to which two diets (A and B) of balanced food were supplied: one added with *Spirulina* flour (A) and the other with fishmeal (B). The cultivation was carried out in a recirculation system made up of six cultivation units, for a period of ten weeks. To evaluate the efficiency of the diets, the absolute growth rate (ACT) was used, with a value of 0.168 ± 0.011 for A and 0.162 ± 0.009 for B, the specific growth rate (TCE), with a value of 1.417 ± 0.013 for A and 1.416 ± 0.065 for B, in terms of the feed conversion factor (FCA), a value of 1.52 ± 0.11 was obtained for A and 1.33 ± 0.08 for B. An analysis of variance was performed for the TCA and TCE, between treatments A and B, without finding significant differences. An analysis of repeated measures for weight and height was carried out between treatments A and B, where no significant differences were found either, with this it can be said that, in the diet (diet A) in which a portion of flour of fish by *Spirulina* meal, offered the same results as the diet made with fishmeal (diet B) as the main source of protein. Therefore, the use of fishmeal in the formulation of aquaculture feeds could be reduced, at least for this species of snail.

Keywords | balanced feed, cyanobacteria, culture, gastropod, nutrition, protein.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad y alternativa viable que busca nuevas fuentes de alimentos o materias primas para varios sectores productivos (FAO, 2016). Los moluscos han sido apreciados por el hombre desde la prehistoria, habiéndoseles dado diversos usos a través del tiempo. Entre los gasterópodos con alto potencial como fuente alimenticia se encuentran los moluscos del género *Pomacea*, mejor conocidos como caracoles Manzana o Tegogolos, los cuales son organismos de agua dulce, comunes en las zonas tropicales de América y presentan varias características que los hacen buenos candidatos para ser cultivados: son herbívoros, por lo tanto, son eficientes convertidores de energía, son prolíficos y se reproducen todo el año en ambientes tropicales, pueden ser manejados en combinación con otras especies, además de soportar un amplio intervalo de condiciones ambientales (García-Ulloa *et al.*, 2008).

Los caracoles del género *Pomacea* presentan anatómicamente tres estructuras básicas: la concha, el opérculo y la masa visceral (Fig. 1). La primera se caracteriza por ser un caparazón calcáreo subgloboso, con una espiral que se desarrolla hacia la derecha (dextrógiro), la coloración puede ser desde amarilla, parda, hasta marrón. El opérculo es una estructura dura, córnea y delgada que se presenta en la parte posterior del pie y cuya función fundamental es la protección, lo que les permite permanecer fuera del agua por largos periodos. Por último, la masa visceral contiene el complejo

cabeza-pie, el aparato excretor presenta un solo riñón de forma alargada, donde el producto de excreción es el amonio, un aparato digestivo y un aparato reproductor (Rangel-Ruíz *et al.*, 2003).

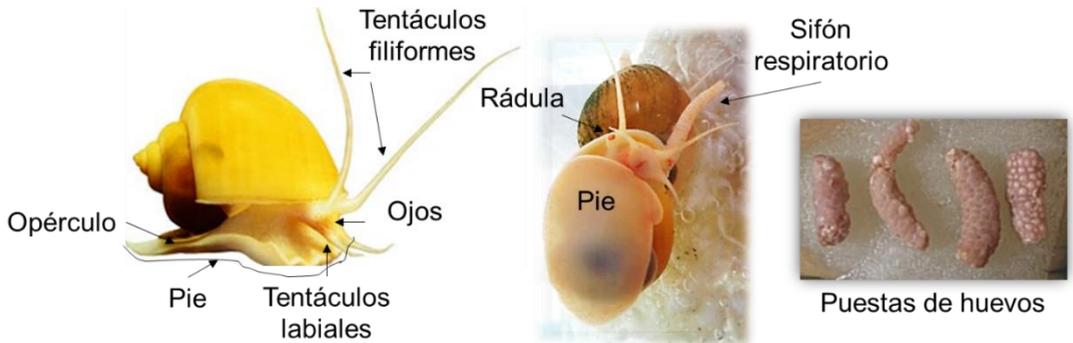


Figura 1. Morfología externa más característica del caracol manzana *P. bridgesii* y su puesta de huevos.

Estos gasterópodos presentan un par de tentáculos grandes y filiformes que actúan como un órgano de percepción, en la base de estos se encuentran los ojos (Fig. 1). Presentan una rádula que cumple con la función de raspar y triturar el alimento. El pie es un músculo grande y carnoso, ligeramente espatulado. Tienen un sifón para llevar al cabo la actividad respiratoria aérea cuando las condiciones de oxígeno en el agua no son las óptimas, dicho tubo funciona mediante una cavidad pulmonar; de igual manera, tienen una branquia monopectinada para respirar dentro del agua (Rangel-Ruíz *et al.*, 2003).

Los Pomáceos presentan diversas ventajas adaptativas para desarrollarse en condiciones de confinamiento, su naturaleza anfibia les permite tolerar aguas con bajo contenido de oxígeno y al presentar una tasa de crecimiento rápida, se pueden obtener en la naturaleza organismos con conchas de hasta 145 mm en cuatro meses (Mendoza *et al.*, 1999). Por otra parte, una fecundidad relativamente alta, un elevado porcentaje de eclosión, baja mortalidad, un periodo de desarrollo corto y un estado de eclosión avanzado aumentan las perspectivas para su cultivo (Lum-Kong y Kenny, 1989).

La primera forma de aprovechamiento de los caracoles por el hombre fue como fuente de alimentación directa, la cual sigue vigente hasta hoy, así como para alimento acuícola en camarón (Bombeo-Tuburán *et al.*, 1995). Otros de los usos dados a las conchas fueron como materia prima para la fabricación de símbolos religiosos en ceremonias, instrumentos musicales, como moneda, objetos de arte y joyería (Vázquez-Silva *et al.*, 2011). En México (Catemaco, Veracruz), tienen un mercado local bien establecido y bajo condiciones controladas de cultivo es posible evitar

enfermedades o parásitos que pueden ser transmitidos a partir de organismos silvestres, además son ricos en proteínas y aminoácidos esenciales (Souza *et al.*, 2012).

La especie *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) es un gasterópodo de la familia Ampullariidae, nativo de Florida (USA), que habita en las zonas bajas marginales de los ríos, lagos y charcas. Se le ha considerado una plaga, así como una especie exótica invasora en Sudamérica. Su tasa de reproducción lo hace candidato en la participación de sistemas productivos controlados, como una opción de cultivo que provea una fuente proteica de alta calidad para el hombre, así como para otros animales como camarón y peces (Lum-Kong y Kenny, 1989; Bombeo-Tuburan *et al.*, 1995; Aguilera, 1996; Souza *et al.*, 2012). La posibilidad de permanecer largos periodos fuera del agua impulsa la producción de dichos organismos (Burky, 1974), permitiendo un mejor manejo y transportación al mercado, ocasionando baja mortalidad, por lo que puede significar una reducción considerable en los costos operativos.

Debido a los aspectos positivos de su biología, es necesario empezar a proponerlo como una especie de cultivo, para esto es preciso abordar un aspecto básico y fundamental de producción bajo condiciones controladas, como es su alimentación. Para cubrir la alimentación de organismos acuícolas se recurre al suministro de alimentos balanceados, los cuales contribuyen al incremento de los resultados productivos y las utilidades en los cultivos comerciales, sin embargo, dichos alimentos son costosos y pueden variar entre el 50 y el 70% del total de gastos de operación de la producción (Tacon, 1996).

La importancia de los alimentos nutricionalmente balanceados radica en el incremento del crecimiento de los organismos a los que se les suministra y, por lo tanto, en los beneficios económicos que se pueden obtener al mejorar los procesos productivos. Los alimentos balanceados se distinguen básicamente por su practicidad operacional (transporte, almacenamiento, suministro) y por mejorar los índices de productividad, tras suministrar un alimento homogéneo en términos de la calidad física (flotabilidad, tamaño, dureza, textura, color, olor, estabilidad), química (balance de proteínas, carbohidratos, lípidos, cenizas, etc.) y nutricional (cantidad de energía suministrada y calidad de nutrimentos esenciales y no esenciales) (Tacon, 1989).

Existen diferentes técnicas para la formulación de alimentos balanceados, las cuales se aplican a necesidades concretas ya sea una dieta con una cantidad específica de nutrimentos y energía, la cantidad de ingredientes a utilizar o si se desea conocer la combinación de ingredientes más barata (Halver y Hardy, 2002).

Entre los diferentes métodos de formulación de dietas (Mixit, WinFed, ZMix, Sizirac) podemos encontrar el método de Pearson, el cual es un método de prueba y error, método de ecuaciones

simultáneas o incluso la implementación de programas especializados (donde solo se ingresan datos como los porcentajes de nutrimentos necesarios e ingredientes) que trabajan utilizando el método de Pearson o ecuaciones simultáneas de forma programada para facilitar la obtención de resultados (Halver y Hardy, 2002).

Para la formulación de un alimento balanceado, es importante encontrar los ingredientes que aporten la energía necesaria para el desarrollo y crecimiento óptimo de los organismos en cuestión, que sea relativamente económico de producir y buscar en la medida de lo posible que su producción no impacte drásticamente al medio ambiente. Además, se debe de elegir cuidadosamente el ingrediente que conformará la base proteica del alimento balanceado (Tacon, 1996).

Diversas combinaciones se han probado para evaluar el crecimiento en diferentes especies del género Pomacea, por una parte, se ha empleado lechuga deshidratada y alimento para peces al 30% (Mendoza *et al.*, 1999), o bien empleando alimento balanceado con diferente porcentaje de proteína, para tilapia (32%), para pollo (20%), chaya fresca (8.3%), en ambos casos el crecimiento fue mayor en donde se empleó la mayor cantidad de proteína.

La Spirulina se ha utilizado en numerosos trabajos ya que provee beneficios a la salud, en la prevención y tratamiento de enfermedades. Estudios nutricionales han demostrado que es una de las mejores fuentes de proteínas de alta calidad, de fácil digestibilidad y absorción, ya que contiene un alto porcentaje de proteínas (50 a 70%), así como todos los aminoácidos esenciales (Vázquez-Pérez *et al.* 2016) y numerosas moléculas biológicamente activas tales como ácidos grasos poliinsaturados, ficobiliproteínas, β -caroteno, provitaminas y compuestos fenólicos que se sabe que presentan actividad antioxidante (Rajishamol *et al.*, 2016).

Taxonómicamente hablando, se distinguen dos géneros (*Spirulina* – fuertemente espiralado y *Arthrospira* – menos enrollado y con mayor separación en sus crestas y valles), con base en su diferente grado de enrollamiento a partir de las cuales se puede generar biomasa (pulverizada o en pellets) para la realización de estudios como dietas para los organismos cultivados. *Spirulina subsalsa* (Fig. 2A), es una cianobacteria del orden Spirulinales, la cual habita en ambientes salinos, marinos y dulceacuícolas o estuarinos, forma generalmente tapetes microbianos, de color azul-verde (Krienitz *et al.*, 2003) y bajo ciertas circunstancias ambientales de color fucsia o vino (Torres-Ariño *et al.*, 2021). Se han encontrado metabolitos de importancia médica en tratamientos para cáncer (Szubert *et al.*, 2018) y otros usos de importancia como la bioabsorción de sustancias nocivas del agua (Huang y Zhihui, 2002),

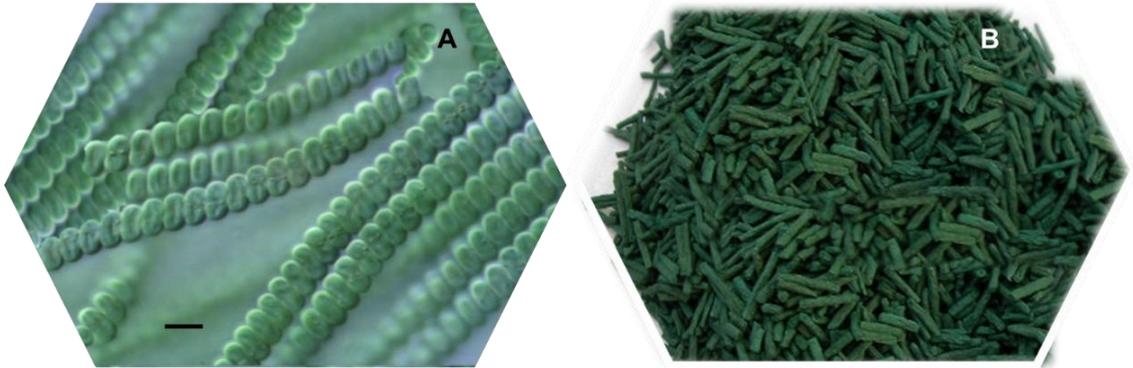


Figura 2. Cianobacterias filamentosas *Spirulina subsalsa*. A) Fotografía en microscopía óptica, B) Biomasa pelletizada. Barra de escala= 10 μ m.

A dicha cianobacteria se le han atribuido efectos nocivos en flamencos y en el camarón azul. Sin embargo, Torres-Ariño (2001), Krienitz *et al.* (2003), Ballot *et al.* (2004) y Torres-Ariño y Mora-Heredia (2010), no encontraron evidencia alguna de que produzca efectos similares a las cianotoxinas producidas por otras cianobacterias y en sus bioensayos resultaron inocuas. Así como Lightner (1978) no identificó el agente responsable de la enteritis hemorrágica de los camarones azules atribuyéndolo después a otra cianobacteria filamentososa (*Lyngbya majuscula*) y Torres-Ariño (2001 y 2004) encontraron que produce sustancias antibióticas.

Los efectos positivos de incluir dichas cianobacterias en los alimentos se basan en su composición en fibra dietética, carotenoides, atrayentes químicos, fuentes de vitaminas y minerales, entre otros (Mustafa *et al.*, 1997). Dentro de las cianobacterias (microorganismos procariontes con fotosíntesis oxigénica) existe una con mayor potencial de explotación para consumo humano denominada *Arthrospira maxima* Setchell & N.L. Gardner in N.L. Gardner 1917. Es más conocida comercialmente como “Spirulina” o Espirulina, pertenece a la familia Spirulinaceae y su empleo se ha dado desde épocas prehispánicas en México (Habib *et al.*, 2008).

Las harinas o pellets de cianobacterias (Fig. 2B) y algunas microalgas han sido empleadas como aditivos en los alimentos para promover el crecimiento, la eficiencia alimenticia, los constituyentes corporales, la calidad de la carne, las características fisiológicas, la respuesta al estrés y la resistencia a enfermedades en varias especies de peces (Nakagawa, 1985; Mustafa y Nakagawa, 1995). Benavides (1994) empleo la *Spirulina* sp. como dieta y registra que se observó un crecimiento significativo al inicio, su mayor efecto fue promover la reproducción y desove de los caracoles.

Arthrospira maxima, es una de las cianobacterias que por su calidad se han generado y formulado alimentos balanceados para organismos acuáticos (Pokniak, 2007) y terrestres, de consumo y ornato, mientras que para el mercado de consumo humano se maneja como suplemento alimenticio (Ribeiro *et al.*, 2011). Para este trabajo se seleccionó a la cianobacteria filamentosa *Spirulina subsalsa* (Figura 2A), ya que es común encontrarla en diferentes reservorios acuáticos dulceacuícolas como marinos y no hay información acerca de esta especie en la rama de la nutrición acuícola, por lo que al evaluar y comparar el crecimiento del caracol manzana en un sistema de recirculación suministrando dos dietas artificiales, una con y otra sin *Spirulina subsalsa* proporcionará información para ver si es candidato a ser una fuente proteica en cultivos acuícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y cultivo de la cianobacteria

La cianobacteria *Spirulina subsalsa* fue adquirida de la colección UTEX (Universidad de Texas) y se ha mantenido en la colección de cianobacterias y microalgas del Laboratorio de Biotecnología de Microalgas de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, México desde 2019 en medio ME el cual consta de una fuente de carbono, nitrógeno, magnesio y sal. Este medio se desarrolló mediante prueba y error para la producción de cianobacterias (Cisneros-Morales, 2019) y en duplicado en medio Jourdan, bajo condiciones de laboratorio a $24\pm 1^\circ\text{C}$. El cultivo estático de la cianobacteria se llevó a cabo por el método de escalamiento secuencial. Para esto se utilizaron ocho garrafones de vidrio con un volumen total de 17 L c/u y una columna de 70 L (Fig. 3) en donde el inóculo fue de 2 L c/u y 15 L, respectivamente.

Para este cultivo se utilizó el medio ME, una vez inoculadas las unidades de cultivo se realizó la primera cosecha a los 20 días y así tres cosechas más con el mismo tiempo de cultivo, sin renovar medio de cultivo, es decir, sin agregar más sales. En cada cosecha se filtraba el agua con un tamiz de acero inoxidable de 30 μm , posteriormente la biomasa filtrada se enjuagaba con agua potable y se colocaba en charolas de acero inoxidable y se metían a un horno de convección marca Felisa precalentado a 60°C por 24 horas (Figura 4). Una vez transcurrido el tiempo se despegó la biomasa seca de las charolas raspando con la ayuda de una espátula de acero inoxidable y se pesó en una balanza analítica OHAUS Adventure (Fig. 4 C-D).



Figura 3. Cultivo de *S. subsalsa* a diferentes niveles. A) 5 L, B-C) Garrafón de 17 L y D) Columna cilíndrica de 70 L. Foto: Torres-Ariño, A.

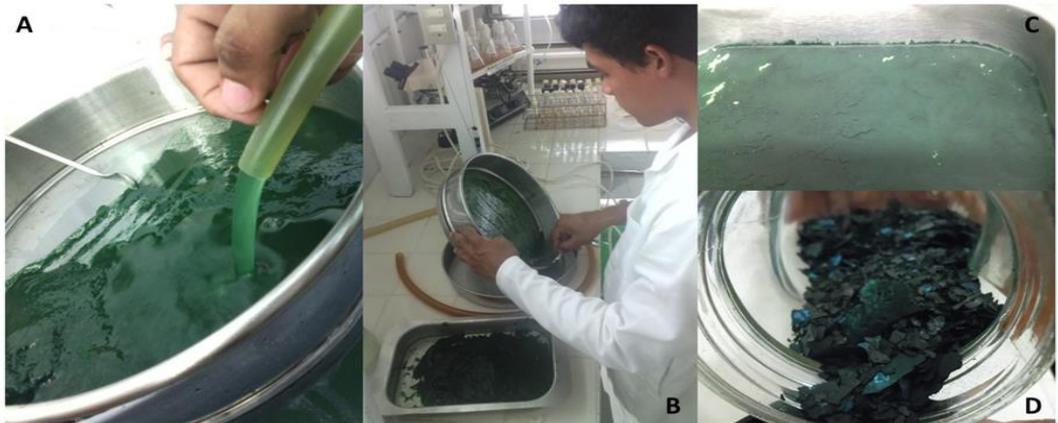


Figura 4. Pasos de la obtención de biomasa de *S. subsalsa*. A) Cosecha por filtración utilizando un tamiz de acero inoxidable de 53 μm , B) Después del lavado se coloca en una charola de acero inoxidable, C) Biomasa después de 24 h en estufa a 60 $^{\circ}\text{C}$ y D) Biomasa seca en hojuelas. Foto: Torres-Ariño, A.

Evaluación del contenido de proteína

Para la elaboración de la dieta experimental fue necesario conocer la concentración de proteína de la *S. subsalsa*. La determinación se realizó mediante el método de Lowry *et al.* (1951), el cual, está demostrado es la mejor opción para el análisis en microalgas y cianobacterias. Este método consiste en la determinación espectrofotométrica de la intensidad de color obtenido con el reactivo de Folin-Ciocalteu (FMT, ácido fosfomolibdico-tungstico), después de una hidrólisis alcalina de una muestra de cianobacterias mediante NaOH 0.5 N a 100°C por 1 h (Fig. 5) (Arredondo-Vega *et al.*, 2017).

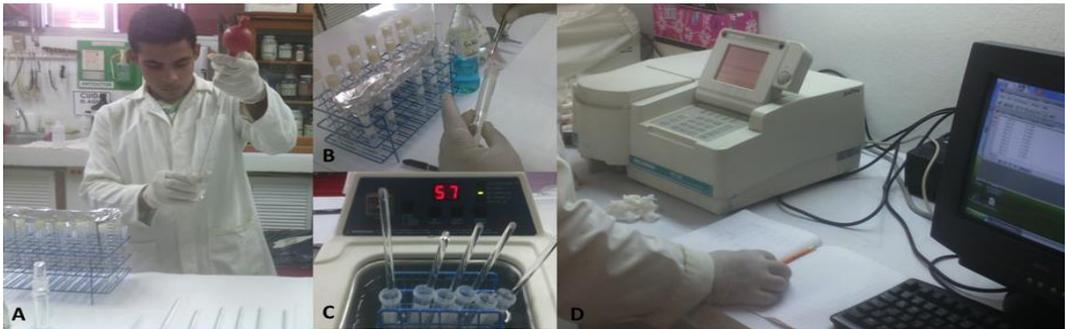


Figura 5. Extracción y determinación de proteínas. A) Adición del NaOH para hidrólisis, B) Macerado de la biomasa, C) Sonicado de la biomasa, D) Medición espectrofotométrica. Foto: Torres-Ariño, A.

Desarrollo y organismos experimentales

Para el desarrollo experimental, el cultivo de caracol manzana tuvo una duración de diez semanas y se llevó a cabo en el cepario del Laboratorio de Biotecnología de Microalgas de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel. Para el desarrollo del experimento se utilizaron sesenta caracoles manzana (*P. bridgesii*) procedentes de la misma cohorte, los cuales fueron obtenidos del centro de producción acuícola ‘El Jarocho’, ubicado en el estado de Veracruz. Los caracoles se midieron con un Vernier para obtener las medidas del largo del caparazón (del espiral al otro extremo de la concha) y se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS Adventurer (Fig. 8, ver apartado de biometrías). Los organismos presentaron una talla promedio inicial de $1,73 \pm 0,06$ cm y un peso promedio inicial de $1,30 \pm 0,09$ g. Se decidió trabajar con organismos de esta talla y peso, ya que por debajo de estos valores es muy fácil lastimarlos durante la manipulación.

Diseño y elaboración de un sistema de recirculación

Se implementó un sistema de recirculación para extraer la materia orgánica en suspensión de las

unidades y así reducir el manejo de los organismos. Para el sistema de recirculación (Fig. 6) se utilizaron seis cubetas de plástico con una capacidad de 20 L, asignando tres por tratamiento y con un volumen de trabajo de 10 L, para este sistema únicamente se monitoreó la temperatura. Para retener los sólidos suspendidos se utilizó un recipiente con capacidad de 60 L donde se colocó un filtro mecánico conformado por grava (media cubeta), tiras de rafia (diez metros de rafia deshilachada), yute (un metro cuadrado) y manguera corrugada en trozos (4 metros de manguera cortada en pedazos de 1”). Para llevar el agua filtrada de vuelta a las unidades se utilizó una bomba marca Rotoplas de ½ HP.

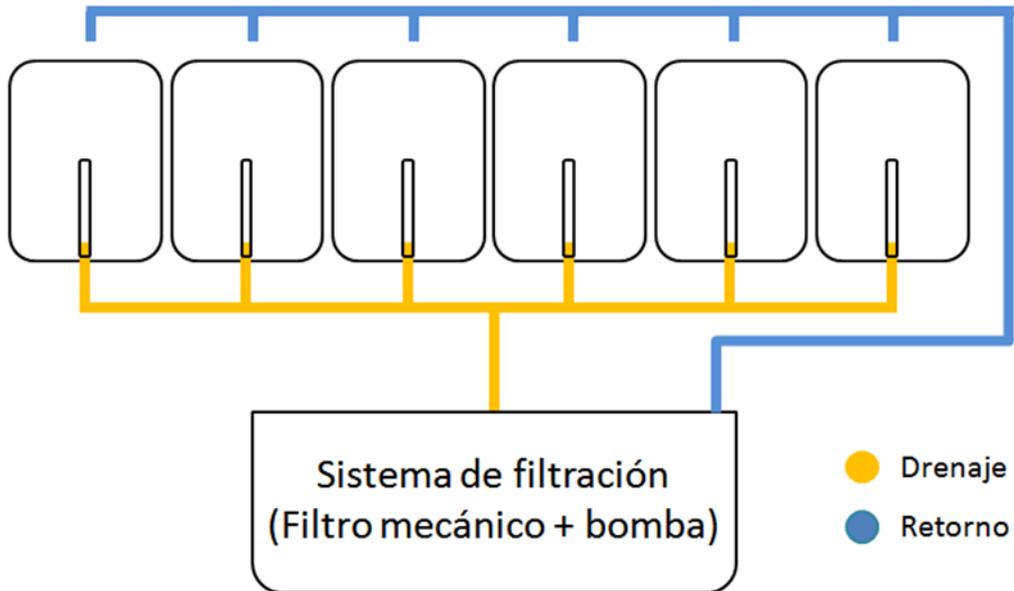


Figura 6. Esquema del sistema de recirculación utilizado para el cultivo de *P. bridgesii* en el Laboratorio de Biotecnología de Microalgas

Formulación y elaboración de las dietas

Las dietas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis y Tecnología de Alimentos de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel. Los ingredientes utilizados para la formulación y elaboración de las dietas fueron (Tabla 1): aceite de canola 123, harina de trigo marca San Blas, harina de maíz marca Maseca nixtamalizado, harina de pescado con 50% de proteína, mezcla de vitaminas marca Vitafort-A, mezcla de minerales Fosforysal 70 C y Grenetina sin sabor marca Duche®.

Tabla I. Porciones utilizadas para la elaboración de las dietas con Spirulina (A) y sin Spirulina (B).

Dieta A			Dieta B	
Ingredientes	(%)	(g)	(%)	(g)
H. <i>Spirulina</i> ¹	20	240	0	0
H. Pescado ²	23,7	284,4	43,5	522
H. Maíz ³	19,4	232,8	19,8	237,6
H. Trigo ⁴	19,9	238,8	19,7	236,4
Aceite canola ⁵	14	168	14	168
Vitaminas ⁶	1	12	1	12
Minerales ⁷	1	12	1	12
Grenetina ⁸	1	12	1	12
	100	1200	100	1200

¹ Harina Spirulina 26% de proteína

² Harina de pescado 56% de proteína

³ Harina de maíz nixtamalizado Maseca, Grupo Industrial Maseca, S.A. de C.V., Nuevo León, México.

⁴ Harina de trigo San Blas, Molino Harinero San Blas, S.A. de C.V., Puebla, Pue., México.

⁵ Aceite 1-2-3 de canola, Fabrica de Jabón La Corona, S.A. de C.V., Ecatepec, Estado de México.

⁶ Multivitamínico Vitafort®-A, Parfarm, S.A., México, D.F. Cada 100 g contiene: B1, 100 mg; B2, 90 mg; B6, 50 mg; B12 500 mcg; ácido fólico, 3 mg; A, 125.000 UI; D3 41.000 UI; E, 40 UI; C, 100 mg; K, 100 mg; ácido pantoténico, 100 mg; nicotinamida, 400 mg.

⁷ Fosforysal 70C, Agribrands Purina, México, S.A. de C.V., México, D.F. Análisis de garantía (g/Kg): Fósforo, 70 (mínimo); zinc, 4 (mínimo); hierro, 15 (mínimo); cobre, 0,45 (mínimo); iodo, 0,010 (mínimo); calcio, 140 (mínimo); magnesio, 10 (mínimo); manganeso, 4 (mínimo); cobalto 0,020 (mínimo); Sal 300 (máximo).

⁸ Grenetina sin sabor Duche®, Coloidales Duché, S.A. de C.V., México, D.F.

Para la formulación de las dietas (B: alimento con Spirulina, C: alimento sin Spirulina), se utilizó el programa WinFed 2.8, en donde se ingresa el valor máximo y mínimo de proteína requerida, como se requiere un porcentaje exacto, se fijó como valor mínimo y máximo el 25%, para cubrir los requerimientos de proteína (20 y 30%) para *P. bridgesii* y crecer adecuadamente (Aguilera, 1996). Así como el resto de los valores como vitaminas (1%), minerales (1%) y lípidos (14%) para hacer que cuadre el balance, obteniendo así la cantidad necesaria en porcentaje de cada ingrediente. Con los porcentajes establecidos, se pesaron los ingredientes, como se observa en la Tabla I.

La mezcla de las harinas se realizó en una palangana de plástico, previamente lavada con agua con hipoclorito de sodio y secada, donde se mezclaron los ingredientes en orden ascendente. Una vez realizada la mezcla se agregó el 45% de agua con base al peso de la mezcla y se homogeneizó bien hasta tener una pasta consistente, posteriormente la pasta fue pasada por un molino de carne marca Torrey para obtener tiras de la mezcla, que después fueron introducidas en un horno marca

Felisa por 8 horas a 60 °C. Este procedimiento se aplicó de igual forma para las dos dietas que se elaboraron obteniendo pellets que se muestran en la Figura 7.



Figura 7. Pellets obtenidos para el experimento, A: alimento con Spirulina; B: alimento sin Spirulina.

Análisis bromatológico de las dietas elaboradas

Se determinó la composición proximal de cada dieta (valor promedio de tres réplicas n=3) mediante la metodología de A.O.A.C. (1999). La cual comprende las siguientes determinaciones:

Proteína

Se utilizó el método Microkjeldahl el cual consistió en someter a una muestra de cada dieta por triplicado a un proceso de digestión utilizando ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (5 g de sulfato de sodio y 1 g sulfato de cobre). Cuando la totalidad de la materia orgánica fue digerida, ésta se hizo reaccionar con una solución concentrada 1:1 de hidróxido de sodio y agua destilada para liberar gas amoníaco, el cual fue destilado con la ayuda de una unidad de destilación Büchi K-314 y recolectado en una solución de ácido bórico al 5% para formar iones amonio y borato. Finalmente, el amonio fue titulado en el ácido bórico con una solución valorada de ácido clorhídrico 0,018 N en presencia de un indicador mixto a una relación de 1:0,5 de rojo de

metilo al 0,2% y azul de metileno al 0,2%, que permitió obtener de manera indirecta el contenido de nitrógeno total.

Dado que se asume que la proteína es el 17,543% del nitrógeno, el factor de conversión 5,70 (100/17,543) se usó para convertir el nitrógeno total en proteína cruda. Las fórmulas para determinar proteína son las siguientes:

$$\text{Nitrógeno total (\%)} = \frac{(V1 - V2 * N * \text{meqN})}{m} * 100$$

Donde:

V1= Vol. de HCl gastado al titular la muestra (mL)

V2= Vol. de HCl gastado al titular el blanco (mL)

N= Normalidad del HCl estandarizado

meqN= Miliequivalentes de nitrógeno = 0,014 g

M= Peso de la muestra (g)

"Proteína Cruda" ("%") = Nitrógeno total " ("%") * Factor de conversión"

Factor de conversión = 5,7

Cenizas

Se calcinó una muestra de cada dieta por triplicado en una mufla entre 450-500 °C en crisoles para remover los componentes volátiles y el carbón durante el proceso, logrando que la porción incombustible sea reducida a su forma más estable, regularmente óxidos o sulfatos. El peso del residuo correspondió a las cenizas de la muestra. La ecuación para determinar cenizas fue la siguiente:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso crisol con cenizas} - \text{Peso crisol vacío}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

Grasas

La determinación de grasas se llevó a cabo para cada dieta y por triplicado, para esto, se elaboraron cartuchos cónicos de papel filtro Whatman N° 1, los cuales se deshidrataron a 100 °C por dos horas para obtener un peso constante. Se pesó y colocó en el interior de cada cartucho de 1 a 2 g de muestra previamente deshidratada seguido de un pequeño tapón de algodón sobre la muestra y se registró el peso. Posteriormente, se colocó el cartucho en el extractor Soxhlet y se adicionó entre 100-130 mL de éter de petróleo en el matraz balón y se montó el equipo de extracción Soxhlet

para el reflujo, el cual se trabajó por 6 horas a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo. Con pinzas se sacó el cartucho del extractor Soxhlet y se evaporó el exceso de éter a temperatura ambiente (29 °C) para luego evaporar en la estufa a 100°C hasta alcanzar peso constante. Finalmente, se pesó el cartucho con su contenido en una balanza analítica OHAUS Adventurer®. La fórmula para la determinación de grasas es la siguiente:

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{C1 - C2}{M} * 100$$

Donde:

C1 = Peso del cartucho con muestra y algodón antes de la extracción (g)

C2= Peso del cartucho con muestra y algodón después de la extracción (g)

M = Peso de la muestra (g)

Humedad

Se basó en la deshidratación directa de una muestra de cada dieta por triplicado en un horno de convección de aire marca Felisa a 100 °C hasta alcanzar un peso constante. La diferencia entre peso húmedo de la muestra y su peso seco da como resultado el contenido de humedad. La fórmula, para el cálculo de humedad es la siguiente:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P1 - P2}{P1 - PC} * 100$$

P1= Peso de charola con muestra húmeda

P2= Peso de charola con muestra seca

PC= Peso charola vacía

Alimentación

La alimentación se proporcionó dos veces al día (08:00 y 13:00 h) en raciones iguales, durante las diez semanas de cultivo. La tasa de alimentación fue del 6% de la biomasa de los organismos durante las primeras siete semanas, ya que se ha demostrado que se obtiene un buen incremento de la talla bajo este régimen de alimentación (Aguilera, 1996) y del 3% las últimas tres semanas, debido a que ya no consumían todo el alimento que se suministraba con la tasa inicial.

Se hicieron biometrías (medición de peso y talla) de todos los organismos de las unidades experimentales semanalmente. De acuerdo con la biomasa promedio obtenida en la biometría y con

base en la tasa de alimentación se pesaba la cantidad de alimento a suministrar para cada una de las unidades experimentales hasta el final del cultivo.

Calidad del agua

Se trabajó con agua dulce filtrada con un tamiz de 20 μm . La temperatura se monitoreó por medio de un termómetro de alcohol teniendo un promedio de $25 \pm 0,5$ °C durante todo el experimento. Se realizó un sifonado semanal con el fin de remover las partículas más pesadas que no podían salir de las unidades experimentales. La tasa de recambio de cada unidad experimental fue del 40% por hora, semanalmente se realizó un recambio total del agua del sistema, así como limpieza total del filtro.

Análisis del crecimiento

Biometrías de los organismos

Las biometrías se realizaron semanalmente, donde los organismos se pesaron en una balanza analítica OHAUS Adventure® (precisión de 0.01) y se midieron las conchas desde la punta de la espiral hasta el otro extremo con un vernier (Fig. 8).

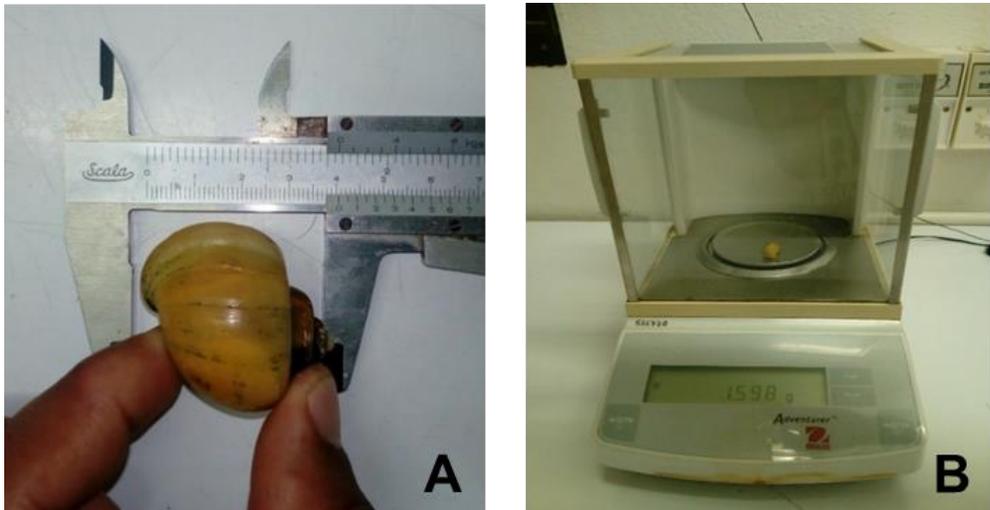


Figura 8. Registro de la biometría por semana. A: Medida de la longitud del caracol manzana *P. bridgesii*, utilizando un vernier, B: Pesado de organismos utilizando la balanza analítica OHAUS Adventurer®.

Evaluación del crecimiento

Para evaluar la eficiencia de las dietas suministradas durante el cultivo fue necesario conocer la tendencia de los valores registrados (peso y talla), ya fueran lineales, exponenciales o asintóticos a lo largo del cultivo, para así utilizar la ecuación que más se acoplara y por consiguiente traducirla a términos prácticos como una ‘tasa’ (Hopkins, 1992). Para esto se graficaron los valores de peso y talla contra el tiempo transcurrido, donde se calcularon los valores de R^2 para una tendencia lineal y otra exponencial (Tabla II).

Tabla II. Valores de R^2 obtenidos para corroborar la tendencia lineal y exponencial de cada uno de los tratamientos utilizados en términos de peso y talla

Tratamientos	Tendencia Lineal		Tendencia Exponencial	
	R^2 (Peso)	R^2 (Talla)	R^2 (Peso)	R^2 (Talla)
A	0,9709	0,9816	0,9632	0,9500
B	0,9484	0,9936	0,9857	0,9844

Los datos recopilados presentaron una tendencia lineal y exponencial, por lo que se calculó la tasa de crecimiento absoluta y la tasa de crecimiento específica, respectivamente. Estas tasas funcionan como indicadores del cultivo, las cuales ayudan a buscar estrategias para mejorar el crecimiento de los organismos. En términos prácticos las tasas se calculan de la siguiente manera:

Tasa de crecimiento absoluta (TCA)

$TCA = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial} / \text{Días de cultivo})$

Tasa de crecimiento específica (TCE)

$TCE (\%/día) = ((\text{Ln} (\text{Biomasa final}) - \text{Ln} (\text{Biomasa inicial})) / \text{Días de cultivo}) * 100$

Factor de conversión alimenticia (FCA)

Para evaluar el aprovechamiento del alimento suministrado se utilizó el factor de conversión alimenticio, el cual permite saber por cada determinada cantidad de alimento suministrado cuanto se transforma en biomasa, un valor cercano a 1 es lo ideal, traduciéndose como que se suministró 1 kg de alimento para obtener 1 kg de biomasa, usualmente en Acuicultura el valor ideal fluctúa entre 1,2 y 1,8 (Guillaume *et al.*, 2004). A continuación, se presenta la ecuación para calcular el factor de conversión alimenticia.

$FCA = (\text{Total alimento suministrado} / (\text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial}))$

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el software STATISTICA 7. Para identificar la tendencia de los valores de peso y talla se realizó una regresión para modelo lineal y exponencial, corroborando previamente la homocedasticidad y normalidad de los datos.

Para los análisis proximales se utilizaron ANDEVAs de un solo factor para ver si había diferencias significativas entre las réplicas de las muestras de cada análisis, con un nivel de significancia de 0,05.

Para encontrar si hubo o no diferencias significativas entre los tratamientos tras registrar el peso y talla durante el experimento se realizaron análisis de medias repetidas y comparaciones planeadas, utilizando un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS

Cultivo y cosecha de *Spirulina subsalsa*

Al final del cultivo se cosechó una biomasa seca total de 289.831 g con un rendimiento promedio de 414,01 mg/L de biomasa seca. En la Tabla III se muestran las cantidades de biomasa obtenida en cada cosecha (cada 20 días del cultivo) y su respectivo rendimiento en cada una de ellas.

Tabla III. Biomasa seca y rendimiento por cosecha de *S. subsalsa*

Cosecha	Peso seco (g)	Rendimiento en Peso seco (mg/L)
1	112,200	641,00
2	72,440	413,4
3	58,885	336,48
4	46,306	264,61
Total	289,831	414,01 ± 163,20

Durante los 97 días se realizaron cuatro cosechas: obteniendo 112,2 g en la primera cosecha, 72,440 g en la segunda, 58,885 g para la tercera cosecha, y 46,306 g para la cuarta, por lo que se observó una disminución de biomasa del 65,89% de la primera cosecha a la última. Toda la biomasa se juntó, pulverizó y homogeneizó para los posteriores análisis.

Determinación del porcentaje de proteína de *Spirulina subsalsa*

Para la determinación del porcentaje de proteína de la *S. subsalsa* se utilizó el método de Lowry *et al.* (1951). Donde se procesaron tres muestras deshidratadas, dando un resultado promedio aproximado de $26\% \pm 0,4$.

Análisis bromatológico de las dietas elaboradas

Tras haber realizado todos los análisis bromatológicos se obtuvieron los valores reales acerca de la composición de las dietas elaboradas las cuales se muestran en la Tabla IV.

Tabla IV. Valores obtenidos del análisis bromatológico de las dietas elaboradas para el cultivo de *P. bridgesii*.

	Con <i>Spirulina</i>	±	Sin <i>Spirulina</i>	±
Humedad	6,31	0,13	7,07	0,05
Proteína	24,26	0,31	24,1	0,47
Grasas	14,18	0,15	14,49	0,23
Cenizas	9,21	0,06	7,32	0,10
E.L.N.	46,04	0,05	47,02	0,09

*Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)

Crecimiento del caracol manzana

Para evaluar el crecimiento del caracol manzana se partió del análisis de la eficiencia de las dietas suministradas, para esto se determinó la tasa de crecimiento absoluta (g/día) y la tasa de crecimiento específica (%/día) de cada uno de los tratamientos: alimento con *Spirulina* (A) y alimento sin *Spirulina* (B), utilizando los datos de peso obtenidos durante el experimento. En la tabla VI se presentan los valores obtenidos tras el cálculo de la TCA y la TCE.

Tabla VI. Valores para la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y específica (TCE) de las tres réplicas utilizadas en el experimento. A, con *Spirulina*; B, sin *Spirulina*.

	A		B	
Réplicas	TCA (g/día)	TCE (%/día)	TCA (g/día)	TCE (%/día)
1	0,157	1,429	0,152	1,358
2	0,179	1,404	0,166	1,404
3	0,167	1,417	0,168	1,486
Media	$0,168 \pm 0,011$	$1,417 \pm 0,013$	$0,162 \pm 0,009$	$1,416 \pm 0,065$

Para la TCA, se realizó un análisis de varianza de una vía bajo una significancia de 0.05 y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a la TCE, también se practicó un análisis de varianza de una vía y tampoco se encontraron diferencias significativas.

Factor de conversión alimenticia (FCA)

Para el factor de conversión alimenticia (FCA) se corrió un ANOVA de una vía para los dos tratamientos y no se encontraron diferencias significativas ($F_{(1)}=5.985$, $p=0,0707$). Los valores obtenidos se muestran en la Tabla VII.

Tabla VII. Valores del factor de conversión alimenticia (FCA) para los tratamientos: alimento con *Spirulina* (A) y alimento sin *Spirulina* (B), utilizados en el crecimiento de *P. bridgesii*.

Réplica	FCA (A)	FCA (B)
1	1,57	1,42
2	1,40	1,32
3	1,60	1,27
Media	1,52 ± 0,11	1,33 ± 0,08

Se realizó un análisis de varianza para contrastar los factores de conversión alimenticia de los tratamientos A vs B y no se encontraron diferencias significativas.

Incremento en peso de *P. bridgesii*

Para el análisis del crecimiento con base al peso, se utilizó el método de medidas repetidas, donde se contrastaron los tratamientos A y B, encontrándose diferencias significativas ($F_{(1)}=32,464$, $p=0,004$). En la Figura 9 se muestra la tendencia entre los tratamientos contra el tiempo transcurrido.

Para observar mejor las diferencias de peso entre cada semana y entre los tratamientos se realizó una serie de pruebas de comparaciones planeadas donde se generaron los resultados que aparecen en la Tabla VIII.

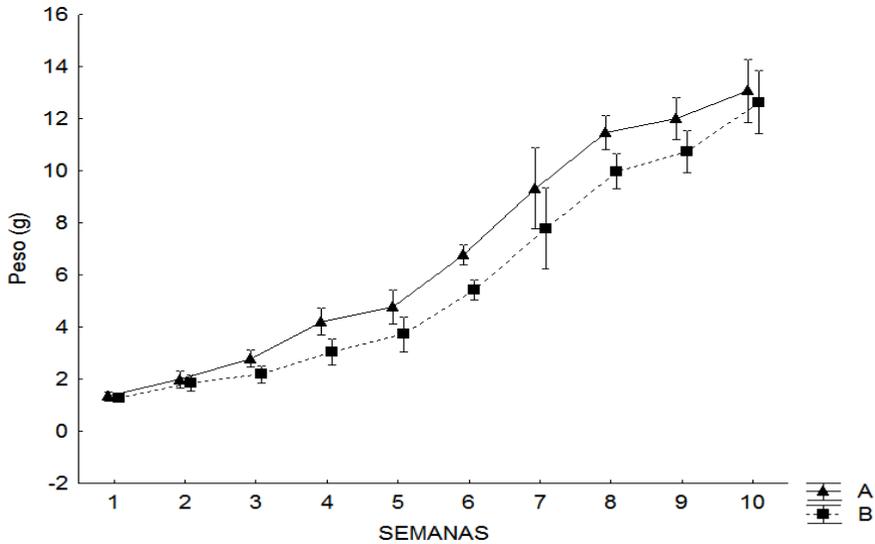


Figura 9. Tendencia de las biometrías semanales para caracol manzana en términos de peso para las dietas con *Spirulina* (A) y sin *Spirulina* (B).

Tabla VIII. Datos obtenidos de las pruebas de comparaciones planeadas ($gl = 1$) para los valores de peso entre los tratamientos con *Spirulina* (A) y sin *Spirulina* (B).

	Media Trat. A	±	Media Trat. B	±	F	p
1	1,33	0,12	1,29	0,10	0,2373	0,6516
2	1,98	0,16	1,84	0,23	0,8386	0,4115
3	2,78	0,09	2,18	0,28	12,449	0,0242*
4	4,21	0,35	3,04	0,29	20,4595	0,0106*
5	4,77	0,47	3,72	0,35	9,6607	0,0359*
6	6,76	0,30	5,42	0,16	45,9058	0,0024*
7	9,33	1,31	7,78	0,40	3,8039	0,1229
8	11,47	0,50	9,98	0,29	19,7551	0,0112*
9	12,01	0,20	10,72	0,68	9,9879	0,0341*
10	13,07	0,90	12,63	0,57	0,4989	0,5189

Incremento en talla del caracol manzana

Para el análisis del crecimiento en términos de talla se utilizó el método de medidas repetidas, donde se contrastaron los tratamientos A y B, encontrándose diferencias significativas ($F_{(1)}=8,98$, $p=0,0400$). En la Figura 10 se muestra la tendencia entre los tratamientos contra el tiempo transcurrido.

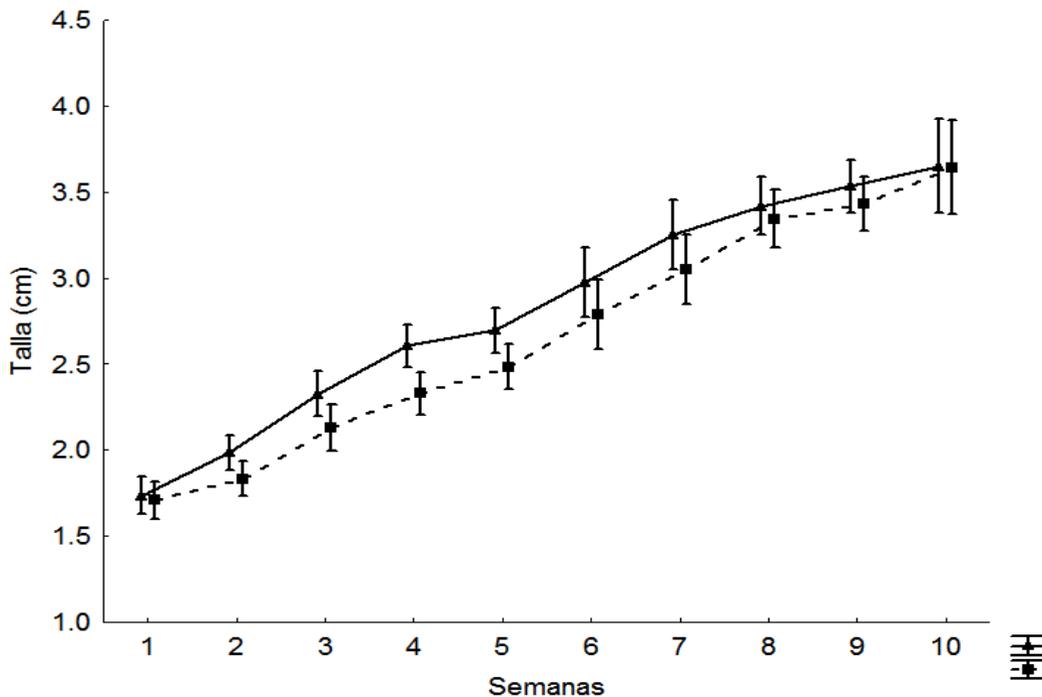


Figura 10. Tendencia de las biometrías semanales para caracol manzana en términos de talla para las dietas con *Spirulina* (A) y sin *Spirulina* (B).

Para observar mejor las diferencias en talla entre cada semana y entre los tratamientos se realizó una serie de pruebas de comparaciones planeadas donde se generaron los resultados que aparecen en la Tabla IX.

Tabla IX. Datos obtenidos de las pruebas de comparaciones planeadas ($gl = 1$) para los valores de talla entre los tratamientos con *Spirulina* (A) y sin *Spirulina* (B).

Semana	Media Trat. A	±	Media Trat. B	±	F	p
1	1,74	0,06	1,71	0,07	0,2398	0,6499
2	1,98	0,06	1,83	0,07	8,562	0,0429*
3	2,33	0,08	2,13	0,08	8,371	0,0444*
4	2,61	0,09	2,33	0,05	19,8032	0,0112*
5	2,70	0,09	2,48	0,07	9,8594	0,0348*
6	2,98	0,18	2,79	0,01	3,3066	0,1431
7	3,25	0,16	3,05	0,07	3,7625	0,1244
8	3,42	0,11	3,34	0,10	0,7539	0,4342
9	3,53	0,05	3,43	0,13	1,7321	0,2584
10	3,65	0,02	3,64	0,24	0,0027	0,9606

Costo de producción de la biomasa producida

Para calcular el costo de producción del caracol manzana primero se realizó el cálculo para el cultivo de la *Spirulina*, la cual fue la primera fase del experimento. El costo de todos los insumos necesarios para la producción de la biomasa utilizada de la cianobacteria se muestra en la Tabla X.

Tabla X. Costos de los insumos utilizados para la producción de la biomasa de *Spirulina subsalsa*.

Insumos	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Importe total
Agua	90.9	Litros	\$ 0,11	\$ 10,00
Luz	120	Días	\$ 1,40	\$ 1.728,00
Medio cultivo	276	Litros	\$ 1,84	\$ 507,84
Mano de obra	50	Horas	\$ 50,00	\$ 1.250,00
Sumatoria				\$ 3.495,84

Tras conocer el costo de producción de la biomasa de la cianobacteria producida (298,83 g con valor de \$ 3.495,84 pesos mexicanos), se procedió a calcular el costo de cada una de las dietas. Para esto se sumó el precio de cada uno de los ingredientes utilizados, los datos recopilados se muestran en la Tabla XI.

Tabla XI. Costo de elaboración de las dietas preparadas con base a los ingredientes utilizados.

	\$/Kg	c/Spirulina \$/g utilizados	s/Spirulina \$/g utilizados
Harina trigo	12,00	2,86	2,83
Harina maíz	15,00	3,49	3,56
Harina Spirulina	11.698,42	2.895,11	-
Harina de pescado	75,00	21,33	39,15
Vitaminas	1,000,00	12,00	12,00
Aceite	30,00	0,36	0,36
Minerales	20,00	0,24	0,24
Grenetina	428,57	5,14	5,14
Sumatoria	\$13.278,99	\$2.940,53	\$63.28

Posteriormente se procedió a obtener el costo del alimento elaborado y el suministrado (Tabla XII) durante el experimento.

Tabla XII. Costos de las dietas suministradas durante el experimento.

Dietas	Alim.	Costos	Alim.	Costos
	Elaborado (g)		Suministrado (g)	
c/Spirulina	1200	\$ 2.895,11	533,84	\$ 1.287,93
s/Spirulina	1200	\$ 63,28	452,91	\$ 23,88
Total		\$ 2.958,39		\$ 1.311,81

En la Tabla XIII se presentan los costos del proceso de engorda del caracol Manzana clasificándolos por tratamientos.

Tabla XIII. Costos de producción para los tratamientos con *Spirulina* y sin *Spirulina* suministrados en el presente trabajo.

Insumos	Trat. con <i>Spirulina</i>	Trat. sin <i>Spirulina</i>
Agua	\$ 48,00	\$ 48,00
Luz	\$ 504,00	\$ 504,00
Mano de obra	\$ 1.250,00	\$ 1.250,00
Dieta	\$ 1.287,93	\$ 23,88
Sumatoria	\$ 3.089,93	\$ 1.825,88

Para obtener la cantidad precisa de carne obtenida en el experimento se consideró el descartar el peso de la concha de la biomasa, es importante mencionar que se maneja el peso de la carne ya cocida dado que fue la única manera de extraerla sin tener pérdidas y sin dañar la concha (Tabla XIV), adicionalmente, se muestra el alimento suministrado para tener una idea de la cantidad de alimento que se convirtió en carne. Los datos obtenidos no mostraron diferencias significativas.

Tabla XIV. Biomasa total obtenida y alimento suministrado.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso concha (g)	Peso carne cocida (g)	Alimento suministrado (g)
A	392	98,82	227,7	534
B	379	92,4	218,3	453

DISCUSIÓN

Porcentaje de proteína y rendimiento de *S. subsalsa*

En el presente trabajo se encontró que la *S. subsalsa* tiene 26% de proteína y que el rendimiento fluctuó entre 641 mg/L y 46,31 mg/L, en la primera y última cosecha, respectivamente, el valor promedio de rendimiento fue de 414 mg/L.

Vázquez-Pérez *et al.* (2016) reportaron un porcentaje de proteína entre 40 y 70%, además de un rendimiento que fluctuaba entre 1343 mg/L y 45 mg/L para *Arthrospira maxima* cultivada bajo condiciones ambientales en biorreactores, utilizando el medio Jordan. Es evidente que el porcentaje de proteína de *S. subsalsa* es inferior comparado con el de *A. maxima*.

Según Artiles *et al.* (2001), las proteínas tienden a desnaturalizarse cuando se someten a lo que la temperatura a 65°C, por este motivo, se decidió deshidratar a 60 °C, por lo que la temperatura no fue un factor que afectó el porcentaje de proteína de la biomasa de *S. subsalsa*.

Es indispensable mencionar y considerar la influencia de otros factores como, por ejemplo: el tipo de medio de cultivo utilizado, si se realizó una renovación del mismo después de cada cosecha o en algún momento determinado y la fase del cultivo en la que se cosechó.

Vázquez-Pérez *et al.* (2016) mencionan haber utilizado el medio Jordan, el cual se originó para el cultivo de *Spirulina* sp. y contiene una proporción de cal, solución de hierro y sal, entre otras sales por lo que es muy probable que este medio aportara nutrientes que favorecieron el crecimiento de *A. maxima*. Además, que el estado químico del medio de cultivo afecta la productividad (Richmond, 2004).

La renovación del medio de cultivo es determinante en la producción de la biomasa y calidad de la misma, es importante considerar que en el presente trabajo nunca se renovó el medio de cultivo, por lo que los nutrientes se fueron agotando progresivamente después de cada cosecha limitando poco a poco la producción de biomasa conforme pasaba el tiempo.

Vázquez-Pérez *et al.* (2016) no mencionan si realizaban renovación del medio, aunque lo más seguro es que sí, por sus cifras tan altas de proteína y rendimiento, acción que no está mal pero que hay que considerar en el momento de valorar el costo de producción contra la biomasa obtenida.

La fase del cultivo bajo la cual se realizan las cosechas es otro punto a considerar, ya que hay fases donde se da una mayor producción de biomasa (fase exponencial) (Gouveia *et al.*, 1996). En el presente trabajo no se monitorearon las fases del cultivo para efectuar cosechas. Sin embargo, se cosechaba cada 20 días donde se sabe se encuentran en la fase exponencial cercana a la estacionaria (Gouveia *et al.*, 1996).

Eficiencia de las dietas suministradas

Para dejar claro el papel que juegan las tasas de crecimiento es importante recordar qué expresan: la TCA muestra el incremento de peso en g/día, mientras que la TCE muestra el incremento del peso en %/día.

Para medir la eficiencia de las dietas utilizadas se calculó la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y la tasa de crecimiento específica (TCE) para las réplicas de los tratamientos A y B. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos A y B con base a la TCA y TCE. En apariencia esta circunstancia no parece favorecer a la dieta adicionada con *S. subsalsa*, contrastándola con la hipótesis planteada en este trabajo.

Al analizar la formulación de las dietas, se utilizó harina de pescado y harina de *S. subsalsa* como las principales fuentes de proteína, solo que en la dieta A se reemplazó aproximadamente el 50% de la de harina de pescado por harina de la cianobacteria. Ante lo mencionado en los párrafos anteriores, se puede decir que la porción de harina de *S. subsalsa* de la dieta 'A', no incrementó o disminuyó el crecimiento de los organismos, comparada con la dieta 'B', elaborada con harina de pescado como fuente principal de proteína.

Por lo tanto, es viable reemplazar el 50% de harina de pescado con harina de la cianobacteria, con la finalidad de reducir el uso de harina de pescado, la cual a veces es difícil de obtener pues se obtiene directamente de la pesca de peces marinos.

Para tener una idea del desempeño de las dietas utilizadas en el presente trabajo, es importante contrastar los resultados obtenidos con los de otros autores a pesar de que las condiciones fueron totalmente distintas.

En la Tabla XV se pueden apreciar los valores de TCA y TCE obtenidos en el presente trabajo y otros autores. Como se puede observar, los valores de la TCE y TCA del presente trabajo son menores respecto a los de los autores citados. Esta respuesta puede darse por diversos factores como, por ejemplo: la proteína suministrada, la talla inicial, el tiempo de cultivo, la densidad de siembra y la tasa de alimentación, entre otros.

En este trabajo se utilizaron dietas con 25% de proteína, ya que se consideró que podría ser la cantidad mínima necesaria de proteína para promover un crecimiento aceptable según Tacon (1989). Antes de comparar los resultados obtenidos por Souza *et al.* (2012), Mendoza *et al.* (1999) y Benavides (1994), es importante considerar que las condiciones y la calidad del alimento suministrado fueron distintos en todos los trabajos consultados y que en ninguno se puede corroborar con exactitud la procedencia de sus dietas.

En cuanto a Mendoza *et al.* (1999) decidieron utilizar una densidad de 0,32 org/L, bajo una tasa de alimentación del 6% al 3%, por 28 días, una talla inicial de 7,5 mm y dos dietas de 15% y 35% de proteína, mientras que en este trabajo se utilizó una densidad de 1 org/L, con una talla inicial de 17mm, una dieta de 25% de proteína y por 70 días de cultivo.

Comparando las condiciones de cultivo antes mencionadas, Mendoza *et al.* (1999) obtuvieron un resultado 300% mayor para la dieta con lechuga y 600% mayor para dieta con alimento comercial. A primera instancia parecen exagerados y poco creíbles los resultados que obtuvo Mendoza *et al.* (1999), pero los factores clave de este crecimiento tan acelerado fueron la talla inicial, baja densidad y un periodo corto de cultivo.

De acuerdo con Tacon (1989), es normal encontrar que los organismos crecen a ritmos muy acelerados en las primeras semanas de cultivo y más si cuentan con alimento y espacio suficiente, con base en lo anterior y que en el experimento del presente trabajo se utilizaron organismos dos veces más grandes, con menor porcentaje de proteína y mayor densidad de cultivo que los de Mendoza *et al.* (1999), se puede decir que es aceptable una diferencia tan grande entre los resultados de los dos trabajos.

En el caso de Iriarte-Rodríguez y Mendoza-Carranza (2007) la dieta con la TCA más parecida a la del presente trabajo fue la de alimento para pollo, a pesar que esta dieta tenía 4% menos de proteína

que las dietas utilizadas en el presente trabajo, esa compensación de falta de proteína por parte de Iriarte-Rodríguez y Mendoza-Carranza (2007), se le atribuye a la baja densidad de cultivo y su elevada tasa de alimentación inicial que fue 100% más alta que la utilizada en el presente trabajo.

Tabla XV. Lista de valores para la TCE y TCA del presente trabajo y literatura consultada.

Autores	TCE		TCA		
	A	B	A		B
Presente trabajo	24% prot. 1,42	1,42	24% prot. 0,168		0,162
Souza et al. (2012)	<i>P. bridgesii</i> 35% prot. 1.72	<i>P. lineata</i> 1.66	<i>P. bridgesii</i> 35% prot. 0,268		<i>P. lineata</i> 0,172
Iriarte-Rodríguez y Mendoza-Carranza (2007)	No calcularon TCE		Alim. Com. Tilapia 32% Prot. 0,187	Alim. Com. Pollo 20% Prot. 0,173	Chaya Fresca 8.3% Prot. 0,095
Mendoza et al. (1999)	Lechuga 15% prot. 4,71	Alim. Comercial 35% prot. 9,49	No calcularon TCA		
Benavides (1994)	<i>Spirulina</i> sp. 30 % prot. 3,22	Bagrina 30% prot. 3,59			

El autor con la condición más cercana en cuanto a dieta, fue Benavides (1994) que también utilizó *Spirulina* sp., donde empleó una tasa de alimentación que varió entre 8% y 2%, una talla inicial de 8 mm y una duración de 126 días. Por otra parte, es notoria la diferencia que se da en las tasas de crecimiento de Mendoza *et al.* (1999) con tan solo incrementar el porcentaje de proteína, contrastándolo con Benavides (1994), que a pesar de suministrar una tasa de alimentación mayor no tuvo buenas tasas de crecimiento. La comparación anterior representa lo importante que es la calidad y cantidad de proteína que se suministra en una dieta.

Comparando los resultados obtenidos contra los de Souza *et al.* (2012) se puede observar que a pesar de haber utilizado un sistema con recirculación y suministrar un alimento con 35% de proteína bajo una tasa de alimentación inicial de 15%, no obtuvieron resultados tan favorecedores como Mendoza *et al.* (1999).

El caso anterior es un claro ejemplo de la respuesta biológica que se da tras un suministro

excesivo de alimento, ya que un organismo sobrealimentado gasta mucha energía en el proceso de digestión y no aprovecha todos los nutrientes, además tiende a generar pseudoheces. las cuales incrementan el aporte de materia orgánica al sistema y que a su vez contribuye a un consumo acelerado del oxígeno por parte de bacterias nitrificantes, limitando la concentración de oxígeno disuelto y el crecimiento de los caracoles.

En el presente trabajo no se dio esta respuesta fisiológica, ya que a pesar de que se proporcionaron dietas con un menor contenido proteico y bajo una tasa de alimentación inicial menor, las tasas de crecimiento obtenidas no fueron tan diferentes respecto a las de Souza *et al.* (2012).

Otro indicador de eficiencia alimenticia crucial para la toma de decisiones es el factor de conversión alimenticia (FCA), sirve para saber cuánta cantidad de alimento suministrado se convirtió en biomasa. Los valores de FCA obtenidos fueron aceptables (Tabla XVI), ya que un valor muy cercano a uno significa que cada gramo de alimento suministrado se obtuvo uno de biomasa.

Si se comparan los resultados obtenidos con los del trabajo de Benavides (1994), se puede apreciar que el 5% adicional de proteína que manejó en sus dietas mejoró un poco los valores del FCA, al menos para la dieta de *Spirulina* sp. y soya, como el aprovechamiento fue ligeramente mayor, se podría considerar el suministrar dietas con 30% de proteína para mejorar el FCA.

Como se puede observar las dietas ricas en proteínas promueven un mejor crecimiento y más si se trata de un alimento balanceado como es el caso del empleado por Mendoza *et al.* (1999), Iriarte-Rodríguez & Mendoza-Carranza (2007) y Souza *et al.* (2012) que utilizaron alimentos tanto elaborados como comerciales.

Tabla XVI. Lista de valores de FCA del presente trabajo y literatura consultada.

Autores	FCA		
	A		B
Presente trabajo	Con <i>Spirulina</i> 1,52		Sin <i>Spirulina</i> 1,33
Benavides (1994)	Soya 1.18	<i>Spirulina</i> sp. 1.25	Levadura 1.34
Mendoza <i>et al.</i> (1999)	Lechuga 1,58		Alim. Comercial 0,70
Souza <i>et al.</i> (2012)	<i>P. bridgesii</i> Alim.Com.Camarón 0,76		<i>P. lineata</i> Alim.Com.Camarón 0,84
Iriarte-Rodríguez y Mendoza-Carranza (2007)	Alim. Tilapia 1,3	Alim. Pollo 2,8	Hojas de Chaya 5,8

Análisis del incremento en peso

Según la Figura 12, no se aprecia claramente que existan diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, tras analizar los datos obtenidos, en la Tabla VII se presentan diferencias significativas en las semanas 3, 4, 5, 6, 8 y 9.

En las semanas 1 y 2 es normal que no se encuentren diferencias significativas ya que es el tiempo de aclimatado de los organismos tanto del entorno como al alimento. En la semana 7 no se dieron diferencias significativas ya que los organismos no crecieron, debido al estrés provocado por el exceso de alimentación. Cuando los organismos no ingieren todo el alimento que se suministra este se descompone disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto que utilizan los caracoles para su metabolismo y al no existir el oxígeno necesario se ve comprometido el crecimiento (Tacon, 1989).

Tras reducir la tasa de alimentación en las semanas 8 y 9 se reactivó el crecimiento. Curiosamente al llegar a la semana 10 el crecimiento se detuvo nuevamente. Seguramente el crecimiento se detuvo por el inicio de la maduración sexual ya que se encontraron ‘frezas’ (cúmulo de huevos) en algunas unidades experimentales y es bien sabido que en etapas reproductivas el metabolismo sacrifica el crecimiento para producir gónadas (Carrillo-Estévez, 2009).

Análisis del incremento en talla

Durante todo el experimento la dieta con *S. subsalsa* mostró una tendencia de crecimiento ligeramente mayor, donde se encontraron diferencias significativas en las semanas 2, 3, 4 y 5 (Tabla VIII). Tras encontrar diferencias significativas en las primeras semanas se comprobó que la dieta con *S. subsalsa* promovió el crecimiento de los caracoles durante la primera mitad del cultivo, sin embargo, el crecimiento se emparejó durante el resto del experimento.

Si se compara la talla máxima obtenida (3,5 cm) contra la de Cohelo *et al.* (2012) que fue de 3,28 cm se podría decir que no hay una diferencia muy notoria. Sin embargo, en el presente trabajo el experimento duró 70 días y se utilizaron organismos con 30 días de vida a partir de la eclosión, es decir, caracoles con una edad de 100 días tras finalizar el experimento, mientras que los caracoles de Cohelo *et al.* (2012) tardaron 192 días en alcanzar su talla, prácticamente casi el doble de tiempo.

Iriarte-Rodríguez & Mendoza-Carranza (2007) realizaron un cultivo de *Pomacea flagellata* bajo tres condiciones de alimentación (alimento balanceado para tilapia, alimento balanceado para pollo y chaya fresca). La dieta con mayor similitud al presente trabajo es la de alimento balanceado para

pollo con 20% de proteína, con la cual obtuvieron organismos de 44,6 mm en un periodo de 91 días y una densidad de un organismo por litro.

Es predecible que Iriarte-Rodríguez & Mendoza-Carranza (2007) obtuvieran una talla final más alta, dado que utilizaron una tasa de alimentación 100% mayor que la del presente trabajo, alimento con mayor porcentaje de proteína (en el caso del alimento comercial para tilapia), 20 días más de cultivo y una densidad más baja (1 org/L). Por lo que se podrían igualar las condiciones bajando la densidad e incrementado el tiempo de cultivo para obtener mejores resultados.

Costo de producción

Comparando los costos de producción de cada tratamiento (Tabla XIII) se puede notar que la dieta con *Spirulina subsalsa* es \$ 1.264,05 más cara, esto es razonable dado que la harina de la cianobacteria utilizada fue un ingrediente que se produjo específicamente para este trabajo, otro concepto que encareció su producción fue la mano de obra, a pesar de que se calculó por horas trabajadas con un monto de \$25,00 la hora y la luz eléctrica por el equipo de aireación.

Sin embargo, si se aplica una técnica de cultivo rentable para producir la *Spirulina subsalsa* en masa se podrían reducir los costos de producción de un alimento balanceado cuyo objetivo sea sustituir parcialmente la harina de pescado, impulsando un nuevo sector productivo y oportunidades de empleo, además de que toda la harina de pescado podría destinarse a otras actividades, inclusive al consumo humano.

CONCLUSIONES

- 1.- El porcentaje de proteína obtenido de la *S. subsalsa* fue bueno, pero podría mejorarse realizando cosechas en etapas específicas del cultivo para conseguir una biomasa más rica en proteínas, además de mejorar el proceso de deshidratado para evitar la desnaturalización.
- 2.- En cuanto al rendimiento de la *S. subsalsa* se obtuvo lo esperado, ya que se cultivó para tener una cantidad suficiente para la elaboración de las dietas.
- 3.- Para los indicadores de crecimiento (tasa de crecimiento absoluta, tasa de crecimiento específica y factor de conversión alimenticia) se obtuvieron resultados aceptables utilizando un alimento con 25% de proteína.
- 4.- Para el incremento del peso y de la talla se observaron las mismas tendencias en ambos tratamientos, además de que no se encontraron diferencias significativas.

- 5.- Analizando la parte del costo de producción del caracol manzana se puede decir que el experimento no resultó ser económicamente viable por dos factores básicos:
- 1.- El costo de elaboración de la dieta con *Spirulina subsalsa*
 - 2.- La mano de obra.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado parcialmente por el Programa al Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) y el proyecto interno de la Universidad del Mar (UMAR) ambos a cargo de ATA. A Pablo Pintos Terán, Pablo Torres Hernández, José Guadalupe Gamboa, Angel Cuevas Aguirre y Alberto Montoya Márquez por sus comentarios para mejorar el escrito. A la Universidad del Mar y los laboratorios de Biotecnología de Microalgas y de Investigación por la facilidad de uso de sus instalaciones. A Alexis Luna Hernández por su apoyo técnico y a los revisores anónimos que con sus comentarios mejoraron la calidad del escrito.

REFERENCIAS

- Aguilera G.C.A. (1996). Determinación del perfil de proteasas y de los requerimientos proteicos del caracol manzana (*Pomacea* sp.) como base para el desarrollo de una dieta artificial para su cultivo comercial. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Monterrey, Nuevo León, México. 89 pp.
- A.O.A.C. (1999). Cap. 4. Animal Food. Pp: 1-43. In: Cunniff P. Official Methods of analysis of AOAC international. 16th edition. Vol.1. Gaithersburg, Maryland. U.S.A. 231 pp.
- Arredondo-Vega B.O., Voltolina D., Zenteno-Savín T., Arce-Montoya M., Gómez-Anduro G.A. (2017). Métodos y Herramientas Analíticas en la Evaluación de la Biomasa Microalgal. Segunda edición. Baja California Sur, México. 150 pp.
- Artiles M.A., Bárbaro J., Galindo J., Fraga I., Valentin F. (2001). Influencia de la inclusión de microalgas secas en la alimentación de protozoas de *Penaeus schmitti*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 22(1): 45-55.
- Ballot A., Krienitz L., Kotut K., Wiegand C., Metcalf J.S., Codd G.A., Pflugmacher S. (2004). Cyanobacteria and cyanobacterial toxins in three alkaline Rift Valley lakes of Kenya-Lakes Bogoria, Nakuru and Elmenteita. *Journal of Plankton Research*, 26(8): 925-935. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbh084>.
- Benavides M.M.I. (1994). Evaluación nutricional de tres fuentes proteicas en dietas para cultivo de dos líneas de caracol manzana *Pomacea bridgesii*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Monterrey, Nuevo León, México. 47 pp.

- Bombeo-Tuburan I., Fukumoto S., Rodríguez E.M. (1995). Use of the golden apple snail, cassava, and maize as feeds for the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, in ponds. *Aquaculture*, 131: 91-100. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00329-M](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00329-M).
- Burky A.J. (1974). Growth and biomass production of an amphibious snail, *Pomacea urceus* (Müller) from the Venezuelan Savannah. *Proceeding of the Malacological Society of London*, 41: 127-143. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.mollus.a065262>.
- Carrillo-Estévez M.A. (2009). La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura. Fundación observatorio español de acuicultura. Madrid. 719 pp.
- Cisneros-Morales J.A. (2019). Evaluación del efecto del medio de cultivo en la composición química de los pigmentos de *Arthrospira maxima* Setchell & N.L. Gardner in N.L. Gardner 1917. Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca.
- Coehlo A.R.A., Calado G.J.P., Dinis M.T. (2012). Freshwater snail *Pomacea bridgesii* (Gastropoda: Ampullariidae); life history traits and aquaculture potential. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. International Journal of the Bioflux Society*, 5(3): 168-181. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2012.3...>
- 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.
- García-Ulloa M., Gallo-García M.C., Rodríguez-González H., Góngora-Gómez A., Ponce-Palafox J.T. (2008). Morphometric relationship of weight and length of cultured freshwater snail, *Pomacea patula* (Baker, 1922), at three different life stages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(6): 842-845. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00222.x>.
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Métailler R. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Editorial Mundi Prensa. España. 475 pp.
- Gouveia L., Veloso V., Reis A., Fernandes H., Novais J., Empis J. (1996). Evolution of pigment composition in *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology*, (57): 157-163. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00058-2](https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00058-2).
- Habib M.A.B., Parvin M., Huntington T.C. & Hasan M.R. (2008). A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feed for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, 1034: 33.
- Halver J.E. & Hardy R.W. (2002). Fish nutrition. Academic Press. Third Edition. USA. 824 pp.
- Hopkins K.D. (1992). Reporting fish growth: A review of the basics. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(3): 173-179. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1992.tb00766.x>.
- Huang G.L. & Zhihui S. (2002). Immobilization of *Spirulina subsalsa* for removal of triphenyltin from water. *Artificial Cells Blood Substitutes and Biotechnology*, 30(4): 293-305. <https://doi.org/10.1081/bio-120006120>.
- Iriarte-Rodríguez F.V. & Mendoza-Carranza M. (2007). Validación del cultivo semi-intensivo de caracol Tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. *AquaTIC*, (27): 16-30.

- Krienitz L., Ballot A., Kotut K., Wiegand C., Pütz S., Metcalf J.S., Codd G.A. & Pflugmacher S. (2003). Contribution of hot spring cyanobacteria to the mysterious deaths of lesser Flamingos at Lake Bogoria, Kenya. *FEMS Microbiology & Ecology*, 43(2): 141-148. [https://doi:10.1111/j.1574-6941.2003.tb01053.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2003.tb01053.x).
- Lightner D.V. (1978). Possible toxic effects of the marine blue-green alga, *Spirulina subsalsa*, on the blue shrimp, *Penaeus stylirostris*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 32(2): 139-150. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(78\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0022-2011(78)90023-X).
- Lum-Kong A. & Kenny J.S. (1989). The reproductive biology of the ampullarid snail *Pomacea urceus* (Müller). *Journal of Molluscan Studies*, 55: 53-65.
- Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L. & Randall R.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology Chemistry*, 193: 265-272.
- Mendoza R., Aguilera C., Montemayor J. & Rodríguez G. 1999. Utilization of artificial diets and effect of protein/energy relationship on growth performance of the apple snail *Pomacea bridgesii* (Prosobranchia: Ampullariidae). *The Veliger*, 42(1): 109-119. [https://doi:10.29322/IJSRP.8.3.2018.p7505](https://doi.org/10.29322/IJSRP.8.3.2018.p7505).
- Mustafa M.G. & Nakagawa H. (1995). A review: Dietary benefits of algae as an additive in fish feed. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 47(3-4): 155-162.
- Mustafa M.G., Umino T. & Nakagawa H. (1997). Limited synergistic effect of dietary *Spirulina* on vitamin C nutrition of red sea bream, *Pagrus major*. *Journal of Marine Biotechnology*, 5: 129-132. ISSN : 0941-2905.
- Nakagawa H. (1985). Usefulness of *Chlorella* extracts for improvement of the physiological condition of cultured ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces). *Tethys*, 11: 328-334. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(97\)88053-5](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(97)88053-5).
- Pokniak R.J. 2007. Incorporación de espirulina (*Spirulina maxima*) en dietas para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Avances en Ciencias Veterinarias*, 22(1-2): 37-41.
- Rajishamol M.P., Lekshmi S., Vijayalakshmy K.C. & Saramma A.V. (2016). Antioxidant activity of cyanobacteria isolated from Cochin estuary. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(8): 974-977.
- Rangel-Ruíz, L.J., Gamboa A.J. & Medina R.U. (2003). *Pomacea flagellata* (Say, 1827) Un gigante desconocido en México. *Kuxulkab, Revista de Divulgación de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*, 9 (7): 5-9.
- Ribeiro A.R., Borgues R.P., Souza C.V., Gilberto Z.M., Da Silva J.J.W., Da Silva L.R., Morerira S.L. & José P.L. (2011). Energy values and chemical composition of *Spirulina* (*Spirulina platensis*) evaluated with broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5): 992-996. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500008>.
- Richmond A. (2004). Handbook of microalgal culture: Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Science Ltd. Iowa, USA. 566 pp.

- Souza J.E., De Barros J.C.N., Paresque K. & De Freitas R.R. (2012). The effect of stocking density on the growth of Apple snails native *Pomacea bridgesii* and exotic *Pomacea lineata* (Mollusca, Gastropoda). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 85(2): 753-760. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000200019>.
- Szuber K., Wiglusz M. & Mazur-Marzec H. (2018). Bioactive metabolites produced by *Spirulina subsalsa* from the Baltic Sea. *Oceanologia*, 60: 245-255. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.11.003>.
- Tacon A.G.J. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. FAO. Brasilia. Brasil. Consultado el 29 de noviembre del 2019 en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S00.htm>
- Tacon, A.G.J. (1996). Feed formulation and evaluation for semi-intensive culture of fishes and shrimps in the tropics, pp. 29-43. In: Santiago C.B., Coloso R.M., Millamena O.M., Borlongan E.G. (eds) Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds. SEAFDEC Aquaculture Department, Iloilo, Philippines.
- Torres-Ariño A. (2001). Aislamiento y caracterización de cianobacterias marinas productoras de compuestos de interés biomédico. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, Baja California, México, 111 pp.
- Torres-Ariño A. (2004). Uso de cianobacterias en la producción de antibióticos. *Ciencia y Mar*, VIII (23): 43-52.
- Torres-Ariño A. & Mora-Heredia E. (2010). Isolation and characterization of potentially toxic or harmful cyanobacteria from Oaxaca and Chiapas, Mexico. *Journal of Experimental Science and Health Part A*, 45: 1-9. <https://doi.org/10.1080/10934520903388483>.
- Torres-Ariño A., Hernández de Dios M.A. & Carrasco-López G. (2021). Efecto de la irradiancia en el crecimiento y coloración de la cianobacteria marina *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, 1892. *AquaTechnica*, 3(1):25-36. <http://dx.doi.org/10.33936/at.v3i1.3483>.
- Vázquez-Pérez R.N., Hernández F.U., Villegas M.M., Aguilera R.M., López K.E., Pérez C.E., & Arredondo B.O. (2016). Evaluación del contenido de proteínas de la biomasa de *Spirulina (Arthrospira) maxima* cultivada en condiciones ambientales en biorreactores. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1): 333-337.
- Vázquez-Silva G., Castro-Barrera T., Castro-Mejía J. & Mendoza-Martínez G.D. (2011). Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *Contactos*, 81: 28-33.

Crecimiento y supervivencia en una cohorte de semillas de la ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) sembradas a diferentes tallas bajo condiciones de cultivo suspendido

Growth and survival of a seed cohort of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) sown at different sizes under suspended culture conditions

Gema Miranda-Cuaboy, Cindy Polit-Alvarado,
Luís Manuel Treviño, Jorge Vélez-Falcones,
Alan García, César Lodeiros

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

Gema Miranda-Cuaboy   gmirandacuaboy@gmail.com

RESUMEN | Se evaluó el crecimiento y supervivencia de semillas de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* perteneciente a una cohorte en diferentes tallas (pequeñas I: $9,1 \pm 0,10$ mm, medianas II: $13,9 \pm 3,7$ mm y grandes III: $20,5 \pm 4,7$ mm en axis antero-posterior) y cultivadas en condiciones de cultivo suspendido en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. Los resultados muestran que todos los parámetros de crecimiento en la talla III fueron los valores más altos. Al final del estudio la talla III sobrepasó la talla comercial de 80 mm en su axis antero-posterior, longitud que no alcanzaron en las tallas I y II. Esta misma tendencia fue observada con las masas de los tejidos y de la concha. La supervivencia alcanzada al final del estudio (75-82%), fue estadísticamente igual para todas las tallas ensayadas. Los resultados muestran que la selección inicial de tallas de organismos puede generar una mayor rentabilidad en el cultivo de *C. gigas* y es una práctica que debe ser incluida en la protocolización de su cultivo en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador.

Palabras clave |

Crecimiento,
supervivencia,
talla anteroposterior,
cultivo suspendido,
Crassostrea gigas.

ABSTRACT | The growth and survival of seeds of different sizes of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* from a single cohort were evaluated (small I: 9.1 ± 0.10 mm, medium II: 13.9 ± 3.72 mm and large III: 20.5 ± 4.77 mm in antero-posterior axis) and cultivated under suspended culture conditions in the estuary of the Chone river, Manabí, Ecuador. The results show that all the growth parameters in size III presented the highest values. At the end of the study, the size III exceeded the commercial size of 80 mm in its antero-posterior axis, a length that it did not reach in sizes I and II. This same tendency was observed with the tissues masses and shell. The survival achieved at the end of the study (75-82%) was statistically the same for all sizes treatments. The results show that the initial selection of organism sizes can generate greater profitability in the cultivation of *C. gigas* and it is a practice that should be included in the protocols of its cultivation in the estuary of the Chone river, province of Manabí, Ecuador.

Keywords |

Growth,
survival,
anteroposterior size,
suspended culture,
Crassostrea gigas.

INTRODUCCIÓN

La ostra del Pacífico, *Crassostrea gigas* es uno de los moluscos más importantes en la acuicultura mundial, con más de 600,000 t producidas en 2017 (FAO 2019). Representando la especie de molusco más cultivada en el mundo. En Ecuador pocos han sido los estudios publicados sobre el comportamiento de esta especie bajo cultivo, tan solo Lombeida (1997) muestra información del crecimiento de *C. gigas* cultivada en reservorios, drenajes, precriaderos y piscinas utilizadas para el cultivo de camarones, estableciendo una elevada factibilidad de cultivo particularmente en periodos de aguas frías. Recientemente se ha demostrado una gran factibilidad de cultivo en aguas tanto marinas (Lodeiros *et al.* 2018) como estuarinas con elevada rentabilidad (Treviño *et al.* 2020), gestionando un gran interés para el desarrollo del cultivo en Ecuador. Sin embargo, poco se conoce sobre la factibilidad de cultivo en aguas estuarinas tropicales en *C. gigas*, donde existe alta variabilidad ambiental, lo cual es punto focal del presente trabajo. En vista de ello, se deben realizar estudios para optimizar el cultivo y conseguir información que permita establecer estrategias para protocolizar el mismo. Dado que uno de los problemas que existe es el suministro de semillas con elevada variabilidad de tallas, el presente trabajo evalúa el crecimiento y la supervivencia de una cohorte de semillas de la ostra *C. gigas*, seleccionando inicialmente organismos con 3 tallas (pequeña, mediana y grande) cultivándolas en condiciones de cultivo suspendido en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de *Crassostrea gigas* fueron suministradas por el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la ESPOL en una fase inicial se confinaron durante 2 semana en sacos

de malla de 1mm a una densidad de equivalente al 50% de cobertura de la superficie de la base del saco, bajo condiciones de cultivo suspendido en una plataforma de cultivo experimental en el estuario del río Chone, Provincia de Manabí, Ecuador (Fig. 1). Luego del confinamiento (llamado en este estudio como cultivo inicial), las semillas se separaron manualmente para conformar en 3 grupos de tallas pequeñas I: $9,1 \pm 0,10$ mm, medianas II: $13,9 \pm 3,72$ mm y grandes III: $20,5 \pm 4,77$ mm, para luego ser cultivadas en linternas a una densidad de equivalente al 50% de cobertura de la superficie del piso de la linterna, en fase intermedia, durante 80 días del 21/5/2019 hasta el 9/08/2019, cuando fueron desdobladas y cultivadas a 60 ostras/piso de la linterna, siguiendo las recomendaciones de Vélez-Falcones *et al.* (2019) para el engorde final hasta el 6/11/2019 (89 días), para un total de 183 días de cultivo-engorde final (5,6 meses).



Figura 1. Ubicación de plataforma de cultivo experimental (A) en el estuario del río Chone (B), provincia de Manabí, Ecuador ($0^{\circ}36'29,20''$ S; $80^{\circ}25'21,24''$ W).

El crecimiento fue evaluado midiendo las dimensiones de la concha con un vernier digital (0,01 mm de apreciación), según la distancia máxima del eje antero-posterior, eje dorso-ventral y la distancia máxima entre las valvas. La biomasa seca se determinó disecando cada organismo en tejidos y concha, los cuales posteriormente se sometieron a un tratamiento de deshidratación en una estufa ($65^{\circ}\text{C}/72$ h) y luego pesados en una balanza digital (0,001 g de apreciación) para determinar su masa seca.

En función de observar posibles eventos que pudieron perturbar el experimento y su amortiguación por el tipo de cestas, se determinó dos veces por semana, la temperatura con un Multiparámetro YSI 550A (0,01 ppm de precisión), la salinidad con un refractómetro de 0.1 UPS de precisión) y la transparencia mediante la percepción de la visibilidad usando el disco Secchi (Fig.2).

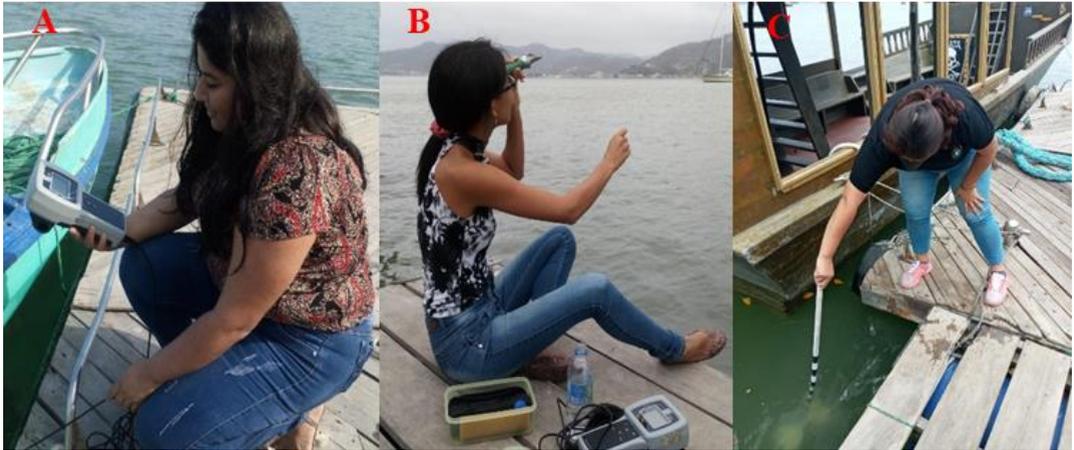


Figura 2. Registro de variables ambientales (A: temperatura; B: salinidad y C: transparencia)

Al final del estudio los valores absolutos de los parámetros de crecimiento y la supervivencia fueron contrastados a través de los índices de confianza al 95%, visualizados en gráficas comparativas.

RESULTADOS

En todos los parámetros de crecimiento la talla III presentó los valores más altos, distinguiéndose sus diferencias, aunque no significativas, a partir en el primer muestreo. Al final del estudio los organismos de Talla III obtuvieron valores significativamente superiores ($91,4 \pm 7,13$ mm), a los organismos de talla I ($78,4 \pm 6,7$ mm) y II ($62,2 \pm 6,17$ mm) en longitud antero-posterior (Fig. 3A); sin embargo, en las longitudes dorso-ventral y entre valvas (Fig. 3 BC) la talla II alcanza, estadísticamente la talla III.

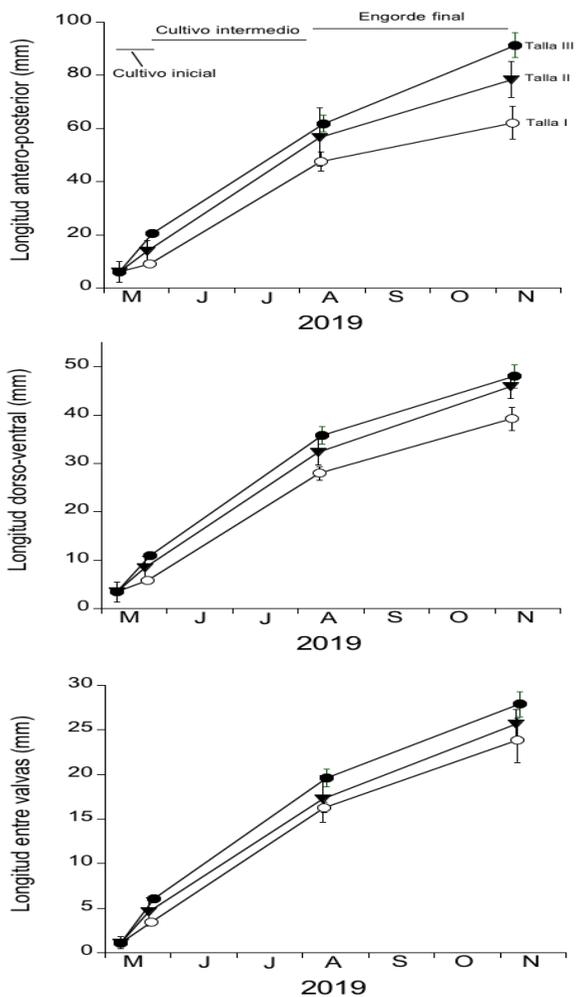


Figura 3. Crecimiento en longitud antero-posterior (A), dorso-ventral (B) y entre valvas (C)

La talla III obtuvo significativamente mayor masa del tejido seco ($4,00 \pm 1,12$; Fig. 4A) que las de la talla II ($1,91 \pm 0,41$) y la I ($1,48 \pm 0,27$), estas diferencias entre tallas se hacen más evidentes, particularmente entre la talla II y la III en la masa de la concha (Fig. 4B).

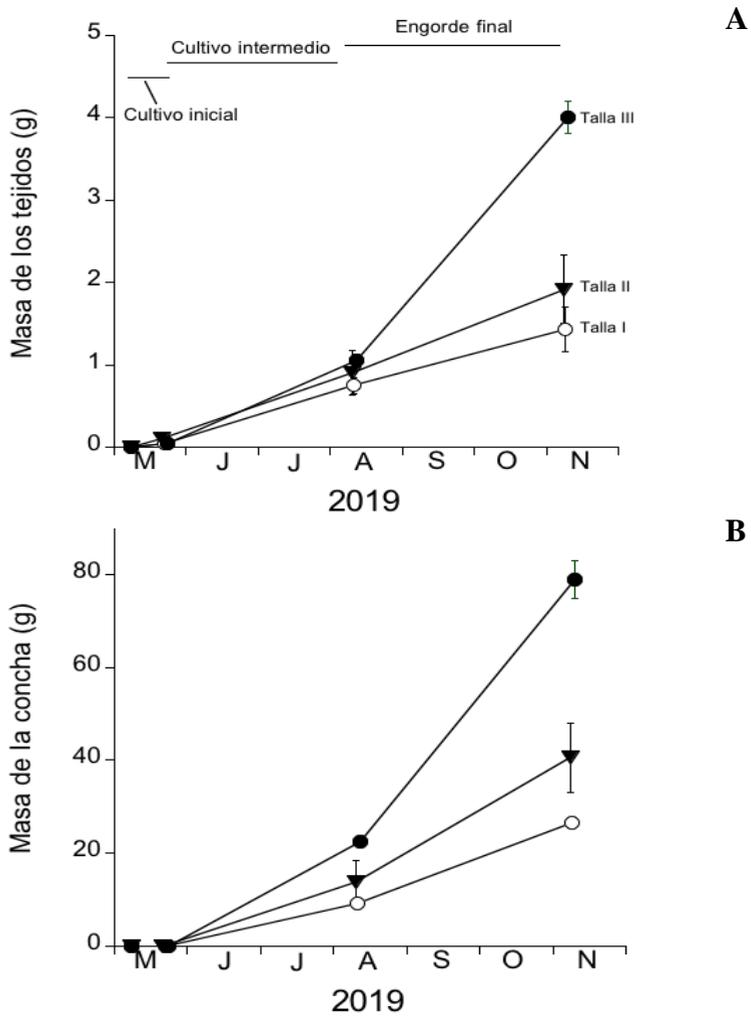


Figura 4. Crecimiento en masa tejido seco (A) y masa concha (B)

El mayor valor de supervivencia (Fig. 5) fue para la talla III con un $82,4\pm 5,03\%$, mientras que para las tallas I y II fue menor ($75,0\pm 7,17$ y $76,3\pm 12,76\%$), aunque no se encontraron diferencias significativas entre las medias de las supervivencias de los tratamientos.

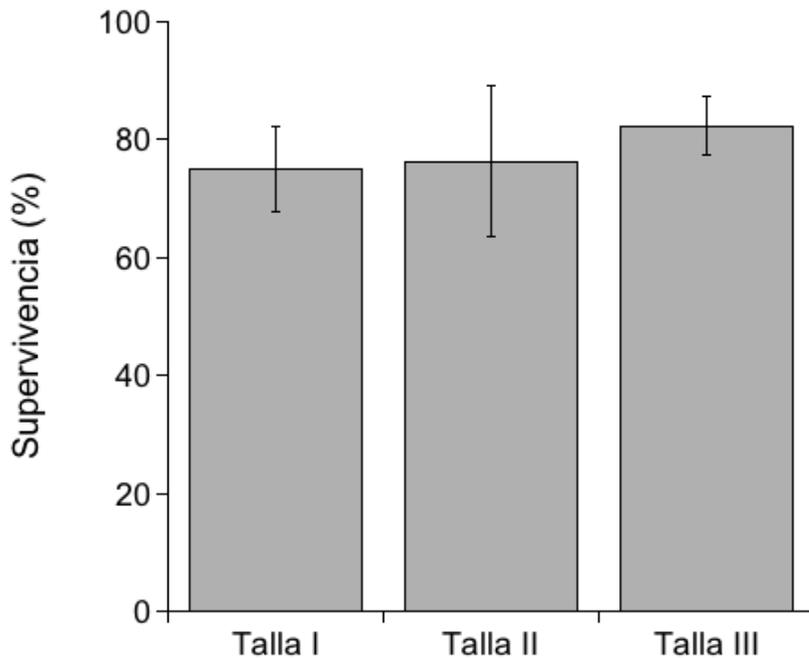


Figura 5. Supervivencia (%) en la fase de engorde final de la ostra según la talla de siembra inicial (Nota: data supervivencia del cultivo inicial e intermedio no disponible, se estima que estuvo sobre el 90%/mensual)

Las temperaturas estuvieron fluctuantes entre 25-28,3°C, con un periodo de elevadas temperaturas (27-28,3°C) entre finales de mayo a mediados de julio (Fig. 6A). La salinidad se mantuvo generalmente en 23-31 UPS, con picos de 30-31 UPS a finales de mayo e inicio de junio, durante agosto y finales de octubre (Fig. 6B) y la transparencia (Fig. 6C) se mantuvo entre 20-107 cm, mostrando los picos más altos a mediados de agosto y octubre (90-107 cm).

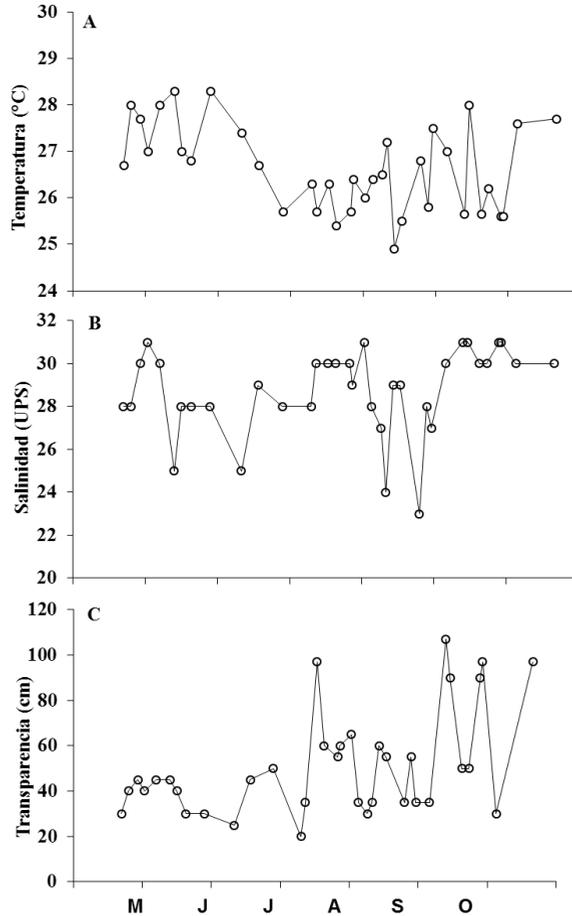


Figura 6. Parámetros ambientales del agua del estuario durante la fase de cultivo (A: Temperatura; B: Salinidad; C: Transparencia).

DISCUSIÓN

Los cambios de los factores ambientales registrados (temperatura, salinidad y transparencia del agua) durante el periodo del cultivo, no mostraron correlatividad con los cambios en el crecimiento de los organismos cultivados en las diferentes tallas iniciales y se encuentran dentro del intervalo favorable para el crecimiento de *C. gigas* (FAO 2021). Esta observación y la elevada producción primaria que existe en el estuario del río Chone (Treviño *et al.* 2020), refirman la caracterización excelente que tiene el estuario para el cultivo.

Los organismos de la talla III mostraron mayor supervivencia (82%) que los de las demás tallas (75-76%), aunque sus diferencias no fueron significativas. De igual manera la talla III superó los valores alcanzados al final del periodo experimental en todos los parámetros de crecimiento; por ejemplo, en longitud antero-posterior (91 mm) superaron la talla comercial de 80 mm. Todo ello fue debido a la mayor tasa de crecimiento en todo el cultivo de los organismos de la talla III (17,9 mm/mes) con respecto a la talla II y III (11,51 y 9,5 mm/mes) lo cual podría sugerir una mejor condición de la talla grande (III).

La masa seca de los tejidos alcanzados en la talla III, al final del estudio, fue de unos 4 g, lo cual supone más 20 g de tejido húmedo, muy atractivo para el consumo. Estos organismos de 110 mm, muestran un peso total húmedo de unos 90 – 100 g, muy atractivos para el mercado de ostras grandes. Sin embargo, los organismos de las otras tallas alcanzan pesos totales muy por debajo, 56 g (talla II) y 36 g (Talla I), requiriendo más tiempo de cultivo para su cosecha.

En todo caso, el crecimiento de las semillas de menores tallas iniciales (I y II) y sus supervivencias fueron superiores comparado con la literatura estudiada y acorde con estudios previos (Treviño *et al.* 2020, Vélez-Falcones *et al.* 2019), lo cual reafirma las excelentes condiciones que posee el estuario del río Chone para el cultivo de *Crassostrea gigas*.

En conclusión, las grandes diferencias particularmente de crecimiento de los organismos inicialmente sembrados con selección de tallas grandes muestran mejor condición fisiológica que las tallas menores. Este resultado puede dar respuesta a las elevadas tasas de mortalidad observadas en cultivos iniciales en el río Chone (30-40 %, Treviño *et al.* 2020), donde las mayores tallas pudieran incurrir en un crecimiento mayor y disminuir la disponibilidad de alimento para las tallas menores, las cuales tendrán en consecuencia una menor capacidad de filtración, pudiendo ser afectadas con menor crecimiento y mortalidad. Todo ello trae consigo considerar una selección de talla inicial de los organismos suministrados como semilla para el cultivo en el estuario del río Chone, o demandar semillas con tallas más homogéneas. En todo caso, las semillas de menor talla son aprovechables, dado que su crecimiento, aunque mucho menor que las de grandes tallas, es aceptable, produciendo organismos de talla comercial en unos 6-7 meses.

Agradecimientos

La presente investigación es parte parcial del proyecto “Selección de sistemas de confinamiento al cultivo de *Crassostrea gigas* en suspensión en el estuario del río Chone”, cumpliendo objetivos de la tesis de Gema Miranda Cuaboy y Cindy Polit Alvarado.

REFERENCIAS

- FAO (2019). Fishery statistical collections. Global Aquaculture production. In *FAO Fisheries and Aquaculture Department*. Retrieved from <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/> en www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstaj/es
- FAO (2021). Cultured Aquatic Species Information Programme. *Crassostrea gigas*. Cultured Aquatic Species Information Programme. In M. M. Helm (Ed.), *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 13 April 2005. Retrieved from http://www.fao.org/fishery/cultured-species/Crassostrea_gigas/
- 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.
- Lombeida P. 1997. Manual para el Cultivo de Ostras en Granjas Camaroneras. Proyecto JICA-CENAIM. 25 pp.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Treviño, L., Lodeiros, C., Vélez-Falcones, J., Chávez-Alcivar, C., Isea-León, F., Bermúdez-Medranda, A. E., Vélez-Chica J.C., Cruz-Quintana Y., Leal D., Santana-Piñeros A.M. Rodríguez-Pesantes, D. (2020) Suspended culture evaluation of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in a tropical estuary. *Aquaculture Research*. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.14556>.
- Vélez-Falcones J., Treviño L., Uribe E. and Lodeiros C. (2019). Efecto de la densidad de cultivo de la ostra del Pacífico, *Crassostrea gigas*, en engorde final en Bahía de Caráquez (provincia de Manabí, Ecuador). En: Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Guerra A., Lastres M.A., Padín X.A., Lodeiros C. (Eds.). *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* 21: 243-253.



Producción de perlas mabés en la ostra perla *Pteria sterna* (Gould, 1851) en el Estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador

Mabés pearls production in the pearl oyster
Pteria sterna (Gould, 1851) in the
Chone River estuary, Manabí, Ecuador

María Mercedes Espinoza-Vera^{1,2*}, Lenin Cáceres-Farías^{1,2}
César Lodeiros^{1,2}

¹Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí 131101, Ecuador

²AquaCEAL Corporation, Urb. Las Palmeras, Ave. Capitán Byron Palacios & General Quisquis, #8, Santo Domingo de los Colorados EC230101, Ecuador

María Mercedes Espinoza-Vera   mespinoza6499v@gmail.com;

RESUMEN | Se evaluó la calidad de perlas mabés de *Pteria sterna* producidas en el Estuario del Río Chone. Para lo cual a organismos de 70-75 mm se les injertó núcleos para luego ser sometidos a condiciones de cultivo suspendido en linternas (*Lantern nets*) de 3 pisos (réplicas) a una densidad de 20 organismos/piso. Nuestros resultados muestran que las condiciones de cultivo generaron una gran influencia negativa en el desarrollo de los organismos nucleados, lo cual produjo elevadas mortalidades, proyectando poca producción de perlas. A pesar de la elevada mortalidad las ostras que lograron sobrevivir al segundo mes (22%), produjeron mabés con deposición de nácar cercana a 0,70 mm, siendo la mayoría (>25%), según criterios de clásicos de clasificación (tamaño, lustre, impurezas, redondez), de calidad intermedia (A y B), seguidas por perlas no comerciales (10-27%) y un 15% perlas de calidad elevada-AA; una pequeña fracción fue considerada como gemas (<5%); esta estructura de producción de mabés es similar a la producida en *Pteria sterna* cultivadas en ambientes marinos en Ecuador. Los resultados demuestran que en el Estuario del Río Chone se pueden producir perlas mabés a los 2 meses; sin embargo, la producción es baja debido a elevadas mortalidades, por lo que se recomienda realizar estudios que puedan minimizar la mortalidad en función de establecer una mayor factibilidad de producción.

Palabras clave |
factibilidad,
rendimiento,
gemas,
Ecuador

ABSTRACT | The quality of *Pteria sterna* mabé pearls produced in the Río Chone Estuary was evaluated. 70-75 mm organisms were grafted with half-pearl nuclei and then subjected to suspended culture conditions in lantern nets at a density of 20 organisms/floor. Our results show that the culture conditions generated a great negative influence on the development of nucleated organisms, which produced high mortalities, projecting little pearl production. Despite the high mortality, the oysters that managed to survive the second month (22%), produced mabés with nacre deposition close to 0.70 mm, being the majority (>25%), according to classic classification criteria (size, luster, impurities, roundness), of intermediate quality (A and B), followed by non-commercial pearls (10-27%) and 15% high-AA quality pearls; a small fraction was considered as gems (<5%); this mabés production structure is similar to that produced in *Pteria sterna* cultivated in marine environments in Ecuador. The results show that in the Estuary of the Chone River, mabe pearls can be produced at 2 months; however, production is low due to high mortalities, so it is recommended to carry out studies that can minimize mortality in order to establish a greater production feasibility.

Keywords | feasibility, performance, gems, Ecuador

INTRODUCCIÓN

Mundialmente las bases científicas sobre protocolos para el establecimiento del cultivo de ostras perleras y las técnicas idóneas para la obtención de medias perlas son poco conocidas (Gordon *et al.*, 2019). En Ecuador la especie de ostra alada *Pteria sterna* es una especie con miras a la diversificación de la acuicultura, desarrollándose recientemente estudios para crear una línea base en la optimización del cultivo en el mar (Jara *et al.*, 2016; Lodeiros *et al.*, 2018) y estuarios (Treviño *et al.*, 2018) como fuente de proteínas para el consumo humano, y la producción de perlas *mabés*, demostrando su producción en unos 5-6 meses (Freites *et al.*, 2020; Jara *et al.*, 2022).

La producción de perlas *mabés* por *Pteria sterna* limita a la producción en el mar, aunque se han producido *mabés* en estuarios en un corto periodo de tiempo (<5 meses), particularmente en el Estuario del Río Chone (Lodeiros y Villegas 2018; Saucedo *et al.*, 2022), no obstante, se desconoce cual es su calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos y condiciones de cultivo

Organismos de *Pteria sterna* de 70-75 mm se les injertó medias perlas siguiendo los métodos descritos en Freites *et al.* (2020) para luego ser sometidos a condiciones de cultivo suspendido en

linternas (*Lanter nets*) de 3 pisos (réplicas) a una densidad de 20 organismos/piso. El diseño se proyectó para el análisis de las réplicas mensualmente, hasta los 6 meses de cultivo, pero una mortalidad elevada (>50%), en el primer mes, gestionó análisis a los 2 y 4 meses (tras la observación *in situ*, al primer mes, poca formación de nácar sobre el núcleo).

La calidad de la perla en cada uno de los organismos se evaluó en la valva derecha e izquierda, determinando la deposición de nácar en el ápice de cada núcleo, utilizando un micrómetro (luego de extraer el núcleo de la concha) y una percepción de calidad de la perla en al menos 15 personas, luego de una inducción a la utilización de la tabla de clasificación siguiendo las especificaciones de Kishore et al. (2015)-Fig. 1.



Figura 1. Bioensayo de cultivo para la producción de perlas *mabés* en *Pteria sterna*, y su diseño experimental en el Estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador.

Análisis estadísticos

La diferenciación entre los tratamientos (meses, valvas) se realizó por inferencia con intervalo de confianza al 95%, expresado en las gráficas de los resultados; cuando esto no fue posible, los tratamientos se contrastaron mediante una t-student.

RESULTADOS

Deposición de concha nácar

En la deposición de nácar al núcleo implantado no mostró diferencias significativas entre los periodos de cultivo, ni entre la valva derecha e izquierda. El incremento de nácar valva izquierda fue $0,68 \pm 0,076$ a los dos meses y de $0,69 \pm 0,079$ mm a los 4 meses; en la valva derecha fue de $0,67 \pm 0,056$ y $0,57 \pm 0,164$ mm, respectivamente (Fig. 2).

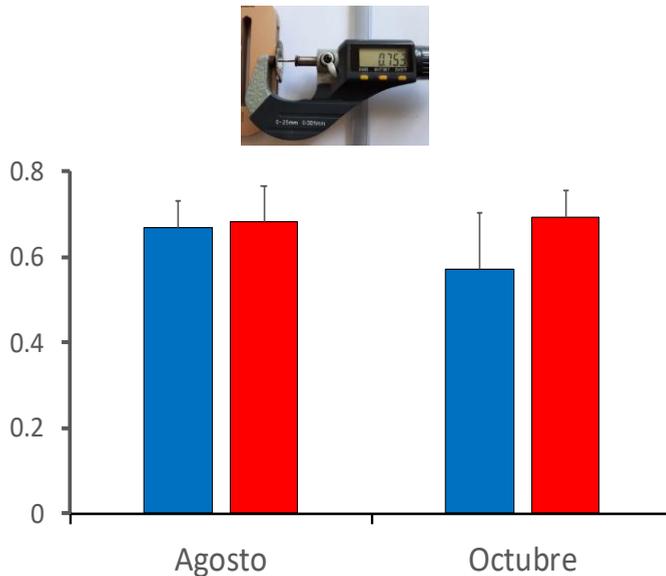


Figura 2. Comparación entre valvas (Azul: derecha y Rojo: izquierda) y periodos de tiempo de la deposición de nácar en perlas *mabé* de *Pteria sterna* cultivadas en el Estuario del Río Chone, Ecuador.

Percepción de calidad de perlas

La mayor parte de las perlas *mabés* producidas se caracterizaron como A y B, con un porcentaje de producción en sus valvas con $>25\%$, independientemente del tiempo y el tipo de valvas (Fig. 3). Luego la producción se centra en perlas NC (10-27%) y perlas AA ($\sim 15\%$), siendo las perlas gemas (AAA) las de menor producción ($<5\%$). Aunque hay una tendencia a la mayor producción de perlas de calidad A y AA a los 4 meses en la valva izquierda, existe una variabilidad de respuestas que permiten un índice de dispersión elevado, lo cual no muestra inferencia diferencial entre el tiempo de exposición y las valvas en la calidad de las perlas en todos los tratamientos.

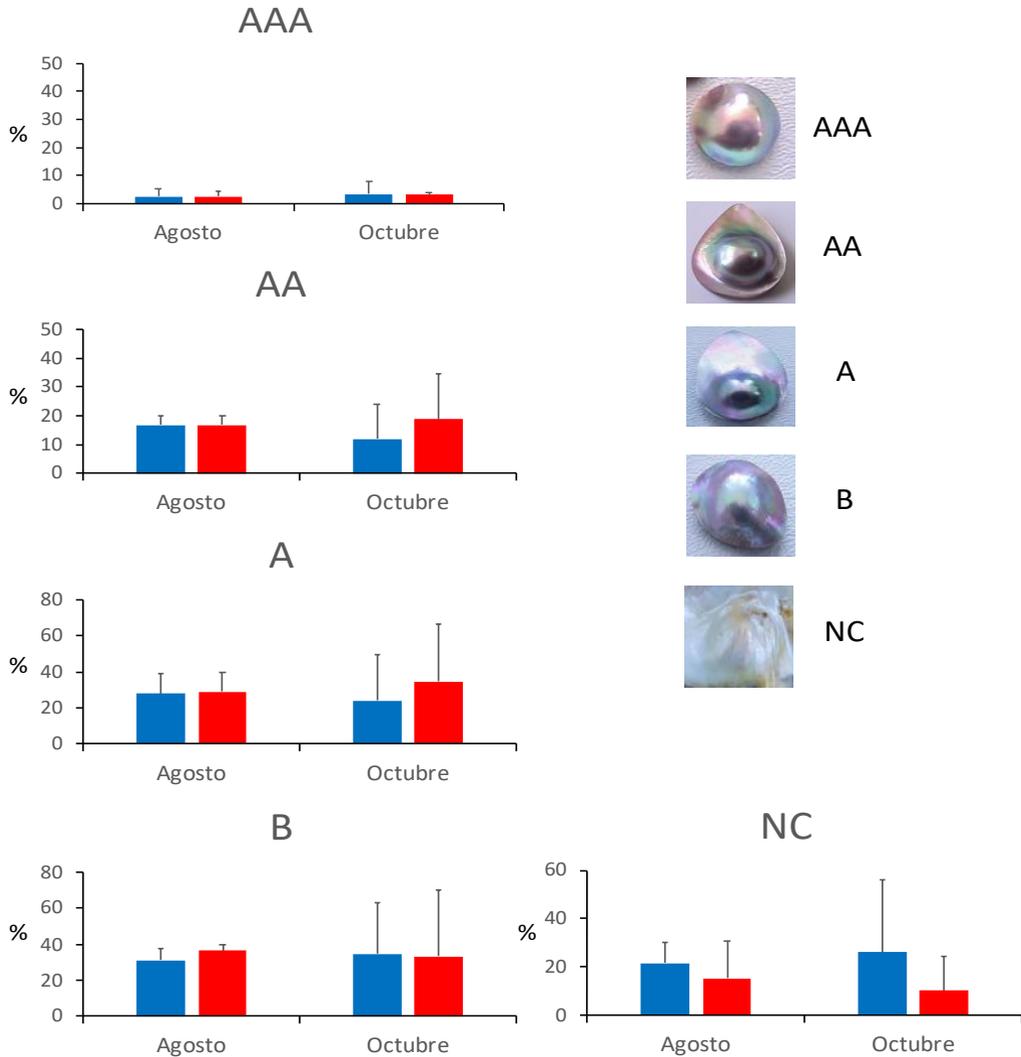


Figura 3. Comparación de la calidad AAA entre valvas (Azul: derecha y Rojo: izquierda) y periodos de tiempo de la deposición de nácar en perlas *mabés* de *Pteria sterna*. Comparación de la calidad AA entre valvas (Azul: derecha y Rojo: izquierda) y periodos de tiempo de la deposición de nácar en perlas *mabés*. Comparación de la calidad A entre valvas (Azul: derecha y Rojo: izquierda) y periodos de tiempo de la deposición de nácar en perlas *mabés*. Comparación de la calidad B entre valvas (Azul: derecha y Rojo: izquierda) y periodos de tiempo de la deposición de nácar en perlas *mabés*. Comparación de la calidad No Comercial NC entre valvas (Azul: derecha y Rojo: izquierda) y periodos de tiempo de la deposición de nácar en perlas *mabés* de *Pteria sterna* cultivadas en el Estuario del Río Chone, Ecuador.

DISCUSIÓN

Nuestro estudio muestra que las condiciones de cultivo generaron una gran influencia en el desarrollo de los organismos núcleados, lo cual produjo elevadas mortalidades, proyectando poca rentabilidad. De hecho, el experimento, proyectado hasta 6 meses, no pudo seguir desarrollándose, por la elevada mortalidad.

A pesar de la elevada mortalidad y la visualización de poco nácar al primer mes, las ostras que lograron sobrevivir al segundo mes, produjeron *mabés* con deposición de nácar, que independientemente de su valva izquierda o derecha fue cercana a 0,70 mm. Esta cantidad de nácar depositado en el ápice del núcleo es considerado como válida para establecer la producción de perlas *mabés* (Freites *et al.*, 2020). En este segundo mes, la supervivencia acumulativa fue del 22% (data no mostrada), la cual es muy baja pero muy superior a la de los 4 meses (2%), para cuando la producción de perlas fue muy baja, manteniéndose el nivel de deposición de nácar en los núcleos.

En cuanto a la calidad de las perlas *mabés* producidas, la mayoría independientemente de los periodos y las valvas son de calidad A y B (>25%), seguidas de las NC (10-27%) y las AA (~15%), una pequeña fracción fue considerada como gemas (<5%); esta estructura de producción de *mabés* es similar a la producida en *Pteria sterna* cultivadas en ambientes marinos (Jara *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Dada la producción de nácar sobre el núcleo *mabé* injertado (> 0,60 mm) y la percepción de calidad de perlas encontrada en el presente estudio (>70% de perlas comerciales), es posible la producción de perlas comerciales a los 2 meses de cultivo en el Estuario del Río Chone, Ecuador.

Existió una elevada mortalidad el primer mes de estudio (data no mostrada), probablemente asociada al injerto y el sometimiento de una especie marina a un ambiente estuarino. Se recomienda realizar estudios para minimizar la mortalidad en el proceso de la producción de perlas en *Pteria sterna* en estuarios. En este sentido es pertinente indicar, que el sitio experimental, muelle de un club de embarcaciones, se encontraba asociado a vertidos químicos contaminante de las embarcaciones, lo cual pudo influir en la elevada mortalidad encontrada, haciéndose necesario, el establecimiento de los cultivos en zonas con menor influencia contaminante.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el proyecto de investigación denominado: ‘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’; de la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí.

REFERENCIAS

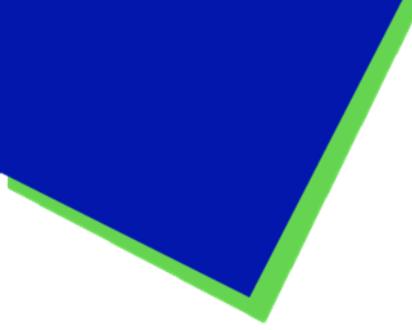
- Freites L., Jara F., Gregori M., Márquez A., Saucedo P.E., Lodeiros C. (2020). Performance of the winged pearl oyster *Pteria sterna* (GOULD, 1851), implanted for half-pearl (Mabé) production in two size groups. *Aquaculture*, 2020. 524(), 735267–735267 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735267>
- Gordon S.E., Malimali S., Wingfield M., Kurtböke D.I., Southgate P.C. (2019). Effects of nucleus position, profile and arrangement on the quality of mabe pearls produced by the winged pearl oyster, *Pteria penguin*. *Aquaculture*, 498(), 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.055>
- Jara F., Freites L., Gregori M., Márquez A., Rodríguez-Pesantes D., Lodeiros, C. (2022). Effect of different nucleus sizes and culture duration on the quality of half pearls (MABÉ) produced by the winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) in Ecuador. *Aquaculture*, 546, 737278. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737278>
- Jara F., Gregori M., Freites L. (2016). Prospección del crecimiento de la ostra nacarada *Pteria sterna* con miras a la futura viabilidad de la perlicultura en el Ecuador. In: XVIII Congreso Ecuatoriano de Acuicultura & Aquaexpo. p. Cámara Nacional de Acuicultura y Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Lodeiros C., Rodríguez-Pesantes D., Márquez A., Revilla J., Freites L., Lodeiros-Chacón C., Sonnenholzner S. (2018). Growth and survival of the winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) in suspended culture in the tropical Eastern Pacific: influence of environmental factors. *Aquaculture Research*, 49: 832-838. <https://doi.org/10.1111/are.13514>
- Lodeiros C., Villegas V. (2018). Cultivo de perlas en Ecuador: ¿Es posible?. *Acuicultura*, 126: 49-52. https://issuu.com/revista-cna/docs/revista_aquaculture_126
- Kishore P., Southgate P.C., Seeto J., Hunter J. (2015). Factors influencing the quality of half-pearls (mabe) produced by the winged pearl oyster, *Pteria penguin* (Röding, 1758). *Aquaculture Research*, 46, 1-8. <https://doi.org/10.1111/are.12228>
- Saucedo P.E., McLaurin D., Lodeiros C., Freites L., León L., Cáceres-Puig J.I., Albuquerque M.C.P., Southgate P.C., Acosta-Salmon H. (2023). Progress towards reestablishing Latin America as a major pearl producing region: A review. *Review Aquaculture*, 15(1): 242-260. <https://doi.org/10.1111/raq.12714>

Treviño L., Vélez J., Lodeiros C. (2018). Effects of stocking density in the growout culture of winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851). *Aquaculture Research*, 00:1–4. <https://doi.org/10.1111/are.13859>





CULTIVO DE OTRAS ESPECIES



CULTIVO DE OTRAS ESPECIES

Optimización de las condiciones de cultivo de reproductores de caballito de mar *Hippocampus kuda* | Optimization of seahorse *Hippocampus kuda* broodstock culture conditions

Eva E. Rufino-Palomares, Ana E. Ortiz-Maldonado, Cristina E. Trenzado, Marta Ramos-Barbero, Laura M. Pantoja-Echevarría, Alberto Coll, Amalia Pérez-Jiménez

Marcadores de bienestar en ortiguilla de mar *Anemonia sulcata* cultivada en un sistema de acuicultura multitrófica integrada (IMTA) | Welfare biomarkers in *Anemonia sulcata* in an integrated multitrophic aquaculture system (IMTA)

Cristina E. Trenzado, Alberto Coll, Ana E. Ortiz-Maldonado, Amalia Pérez-Jiménez, Marta Ramos-Barbero, Laura Pantoja-Echevarría, Pedro Antonio Álvarez-Molina, Eva E. Rufino-Palomares

Impacto de la reproducción de *Anemonia sulcata* (Cnidaria) en entorno IMTA sobre su estado de bienestar con fines de repoblación | Impact of reproduction on *Anemonia sulcata* (Cnidaria) welfare in IMTA culture system for repopulation purposes

Alberto Coll, Amalia Pérez-Jiménez, Ana E. Ortiz-Maldonado, Eva E. Rufino-Palomares, Laura Pantoja-Echevarría, Marta Ramos-Barbero, Carolina Alonso-Pozas, Cristina E. Trenzado

Optimización de las condiciones de cultivo de reproductores de caballito de mar *Hippocampus kuda*

Optimization of seahorse *Hippocampus kuda* broodstock culture conditions

Eva E. Rufino-Palomares^{1*}, Ana E. Ortiz-Maldonado²,
Cristina E. Trenzado², Marta Ramos-Barbero¹,
Laura M. Pantoja-Echevarría³, Alberto Coll²,
Amalia Pérez-Jiménez³

¹Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

²Departamento de Biología Celular. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

³Departamento Zoología. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

Eva E. Rufino-Palomares   evaevae@ugr.es

RESUMEN | El presente trabajo tiene como objetivo implementar una estrategia innovadora para hacer frente a la despoblación del caballito de mar (*Hippocampus* sp.) en el medio natural, basada en un sistema de acuicultura sostenible apoyado en el aprovechamiento de los recursos naturales. La optimización de los protocolos de alimentación y reproducción para estas especies, es un aspecto fundamental a la hora de promover un cultivo que asegure su estado de bienestar. Así, en este trabajo se realiza un estudio sobre la mejora en el cultivo del caballito de mar mediante el uso de la tecnología IMTA (acuicultura multitrófica integrada) con objeto de favorecer en los reproductores una elevada tasa de éxito en la puesta de sus crías. Del mismo modo, se pretende mejorar, mediante la creación de un entorno con mesocosmos, la estrategia nutricional en las crías, optimizando su desarrollo y supervivencia. Finalmente, se valorará el efecto de la incorporación en la dieta de reproductores y de crías, de un compuesto natural con reconocida actividad antioxidante (ácido maslínico) sobre su estado de bienestar. Para ello, se está llevando a cabo un proceso de bioencapsulación del ácido maslínico utilizando la *Artemia* como alimento vivo suministrado a los caballitos de mar. Los resultados contribuirán a paliar la despoblación favoreciendo la biodiversidad de especies marinas en las costas del litoral andaluz, además de proporcionar datos científicos que podrían resultar de interés para las administraciones responsables en la implementación de programas de recuperación de especies marinas con poblaciones afectadas.

Palabras clave | ácido maslínico, artemia, caballito de mar, mesocosmos, tecnología IMTA

ABSTRACT | The present work aims to implement an innovative strategy to address the depopulation of seahorses (*Hippocampus* sp.) in the natural environment, based on a sustainable aquaculture system supported by the use of natural resources. The optimization of feeding and reproduction protocols for these species is a fundamental aspect when promoting a culture that ensures their welfare. Thus, this work carries out a study on the improvement of seahorse farming through the use of IMTA technology (integrated multi-trophic aquaculture) with the aim of favoring a high success rate in the spawning of their offspring. In the same way, the aim is to improve, through the creation of an environment with mesocosms, the nutritional strategy in the offspring, optimizing their development and survival. Finally, the effect of incorporating a natural compound with recognized antioxidant activity (maslinic acid) in the diet of breeders and hatchlings on their welfare will be evaluated. For this purpose, a process of bioencapsulation of maslinic acid is being carried out using *Artemia* as live food supplied to seahorses. The results will contribute to alleviate depopulation by favoring the biodiversity of marine species on the coasts of the Andalusian coast, in addition to providing scientific data that could be of interest to the administrations responsible for the implementation of programs for the recovery of marine species with affected populations.

Keywords |
artemia,
IMTA technology,
maslinic acid,
mesocosmosis,
seahorse

INTRODUCCIÓN

El caballito de mar (*Hippocampus* sp.), perteneciente a la familia Syngnathidae, es un pez teleosteo marino ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos, ocupando una amplia gama de hábitats distintos, como manglares, pastos marinos y zonas de arrecifes (Zhang *et al.*, 2019). Tradicionalmente, los caballitos de mar han sido muy populares en el mercado de peces ornamentales debido a su belleza y peculiar comportamiento reproductivo, en el cual la hembra transfiere los huevos fertilizados al macho, el cual los gesta en su saco incubador hasta el momento del parto. Asimismo, los caballitos de mar son tradicionalmente usados en medicina alternativa asiática por sus supuestas propiedades afrodisiacas, por lo que su demanda se ha disparado al ritmo de la economía china, trayendo consigo su comercio en el mercado negro, procedentes de la pesca directa furtiva y pesca accidental extractiva procedente de artes de arrastre. A esta causa, se suma la destrucción de sus hábitats naturales, praderas marinas y ecosistemas arrecifales poco profundos sensibles a la polución, el cambio climático y otros impactos ambientales negativos. Otra desventaja que les hace muy vulnerables es que, además de su torpeza como nadadores, son extremadamente monógamos, con lo cual, si desaparece un miembro de la pareja, difícilmente conseguirán reproducirse. Todo esto justifica que en la actualidad exista una regulación de su captura, ya que su alta demanda ha provocado un notable declive y peligro de estas poblaciones, deteriorando considerablemente su nicho ecológico en la zona costera. Están incluidos

en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y en la lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), por lo tanto, debemos velar por su cuidado y protección, así como apostar por técnicas de cultivo que nos aseguren su reintroducción en el medio natural. En este sentido, la cría en cautividad se presenta como un arma para la recuperación de poblaciones salvajes, así como una herramienta útil para profundizar en aspectos fisiológicos para entender la naturaleza críptica de estos animales con el fin de mejorar paralelamente su supervivencia y conservación.

Para paliar la despoblación de los caballitos de mar en su medio natural se pueden establecer varias estrategias. Una de las más relevantes y objeto de varios estudios es la optimización de los protocolos de reproducción. La cría en cautividad de caballitos de mar puede ser clave a la hora de garantizar el mantenimiento de las poblaciones naturales y al mismo tiempo garantizar la disponibilidad de caballitos para su comercialización, además de permitir la implementación de programas de recuperación de especies para las poblaciones más afectadas.

Los caballitos de mar silvestres tienen una dieta variada, dominada por los anfípodos, decápodos y misidáceos. Sin embargo, en cautividad los caballitos de mar son alimentados principalmente con *Artemia* enriquecida, y también con copépodos, larvas de misidos, zooplancton silvestre y rotíferos enriquecidos durante las diferentes etapas de su desarrollo.

Para este programa de cría en cautividad de caballitos de mar con fines de reintroducción en el medio natural y en base a los requerimientos ambientales de estas dos especies, se apuesta por incorporar la tecnología de acuicultura multitrófica integrada (IMTA; Integrated Multitrophic Technology of Aquaculture). En acuicultura, es una de las opciones más innovadoras para reducir el impacto ambiental y promover un mayor aprovechamiento de los recursos. La tecnología IMTA, en combinación con sistemas en circuito cerrado (RAS), consiste en incorporar al sistema de cultivo y bajo condiciones controladas, otras especies secundarias procedentes de distintos niveles tróficos, de manera que se consiga un aprovechamiento integral de los nutrientes y desechos orgánicos. En definitiva, la creación de un ecosistema que se autorregula, que aporta estabilidad físico-química y microbiológica al sistema y que garantiza el bienestar animal de las especies cultivadas. En esta propuesta destinada al cultivo de ambas especies de caballitos, se apuesta por introducir especies detritívoras, *Holothuria tubulosa*; gasterópodos herbívoros, *Monodonta turbinata* y *Patella caerulea*; filtradores que contribuyan a la eliminación de materia orgánica disuelta, *Mytilus edulis*; macroalgas que sirvan de punto de agarre (*Caulerpa prolifera*, *Dasycladus vermicularis* y *Cymodocea nodosa*) y contribuyan a la eliminación de metabolitos, a la oxigenación y transparencia del agua y evitando la fijación de fouling, tal y como ocurre con los elementos de agarre artificiales que se usan en acuariología.

Los sistemas tradicionales de cría larvaria consisten en aportes de alimento enriquecido repartido en dos o tres raciones diarias, con la desventaja de que, si se alimenta en exceso, además de provocar bajadas bruscas de niveles de oxígeno y aumento del amonio, el alimento no ingerido pierde su enriquecimiento por el propio metabolismo de las presas vivas. Si por el contrario se alimenta por defecto, las crías pasarán tiempos prolongados de inanición, repercutiendo en su desarrollo y sistema inmune. En la búsqueda de estrategias innovadoras de cría larvaria que mejoren la eficiencia nutricional y la supervivencia de los individuos nacidos en cautividad, se incorpora la técnica de mesocosmos, consistente en introducir las crías recién nacidas en un tanque que previamente habrá sido madurado con fitoplancton y una mezcla de zooplancton natural y cultivado, bajo condiciones controladas: rotíferos, copépodos, artemias y misidas (Papandroulakis *et al.*, 2004). El sistema mesocosmos, al igual que el sistema IMTA requiere de la consecución de un equilibrio ecosistémico, pero una vez alcanzada la estabilidad, las crías habitan en una fuente continua de zooplancton enriquecido, al estar en un medio de cultivo a base de fitoplancton, conocido como “agua verde”, satisfaciendo sus requerimientos con una gran diversidad de presas.

Dado que, en esta propuesta, se pretende desarrollar estrategias dirigidas a optimizar la reproducción del caballito de mar, es importante tener en cuenta que en la naturaleza existen diferentes compuestos bioactivos cuyo uso podría favorecer la calidad del cultivo y viabilidad de la puesta de caballito de mar. En este sentido, los terpenos constituyen un grupo de metabolitos secundarios de plantas que tienen importantes propiedades biológicas relacionadas con la salud y la prevención de enfermedades. El ácido maslínico (AM, Figura 1) es un triterpeno pentacíclico natural. Se encuentra principalmente en la piel del fruto y hojas de *Olea europaea* y en los residuos sólidos de la producción del aceite de oliva, producto esencial en la dieta mediterránea.

La importancia del AM es que se le han atribuido multitud de propiedades biológicas y terapéuticas incluyendo su capacidad antioxidante, anti-inflamatoria, anti-hipertensa, anti-viral y anti-tumoral (revisado por Rufino-Palomares *et al.*, 2015). Montilla *et al.* (2003) describen cómo el AM disminuye la susceptibilidad de las membranas de los hepatocitos a la peroxidación lipídica, ofreciendo ventajas en la resistencia al estrés oxidativo. Márquez-Martín *et al.* (2006) muestra como el AM inhibe la producción de óxido nítrico y la secreción de citoquinas inflamatorias, la IL-6 y el TNF α , por parte de macrófagos. Rufino-Palomares *et al.* (2013a) demuestra que puede actuar como un elemento supresor de tumores promoviendo la modulación de proteínas del citoesqueleto. También se ha demostrado que el AM puede inhibir la glucógeno fosforilasa de hígado y músculo (Rufino-Palomares *et al.*, 2015) y en animales in vivo, es capaz de estimular el crecimiento del animal y de sus órganos, sin alterar el estado de salud de éste (Rufino-Palomares *et al.*, 2012, 2013b).

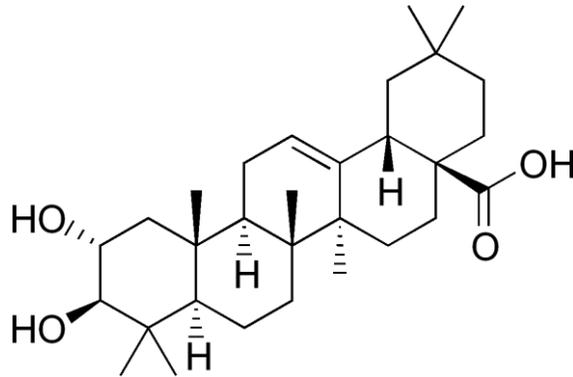


Figura 1. Estructura del ácido maslínico.

Con todo ello, el presente trabajo tiene como finalidad optimizar la reproducción de caballito de mar con objeto de obtener una elevada tasa de supervivencia en la puesta de sus crías y un aumento en el estado de bienestar de las mismas que asegure su desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sistema experimental

Los organismos utilizados en el experimento son caballitos adultos de *Hippocampus kuda*, adquiridos en una tienda autorizada con código CITES 21n1301502/11.

Se montó un sistema de tres acuarios experimentales de 100 L de capacidad individual conectados en serie a un acuario inferior que hizo de sumidero (SUMP) (Figura 2). Cada acuario individual disponía de sump trasero de tres compartimentos con rebosadero tipo peine. El primer compartimento se rellenó con material filtrante Foam de 4 cm de grosor-poro grueso. En el segundo compartimento se instaló un Nano Skimmer PS130 de Sera® con bomba de 120L/h con venturi propio y biobolas Bacotballs de Aquamedic®. El tercer compartimento quedó libre para insertar la tubería con el agua de retorno.



Figura 2. Acuarios experimentales en piso superior para *Hippocampus kuda*. En piso inferior sistema de filtración en sump y sistema de termostatación.

El sump inferior común a los tres acuarios consistió en una urna de 90 litros a la que se le instalaron tres compartimentos con lámina de polipropileno de 4 mm de grosor. (Figura 3). El primer compartimento recibía el agua de cada uno de los tres acuarios experimentales superiores, que caía sobre torre de material filtrante a base de Foam de 4 cm de grosor- poro grueso y perlón Sera®. La salida del agua mecánicamente filtrada desde el primer hacia el segundo compartimento era desde fondo en sentido ascendente. El segundo compartimento se relleno con material de filtro biológico a base de biobolas Bacotballs de Aquamedic®, obligando a salir el agua filtrada superficialmente por rebosadero a modo de peine hacia el tercer compartimento, en cuyo fondo se dispuso de filtro de calcetín relleno con carbón activo y la bomba de retorno Sicce® Multi 1500L/h. El agua de retorno pasaba por termostatación Hailea 500 y de ahí distribuía a cada uno de los acuarios.

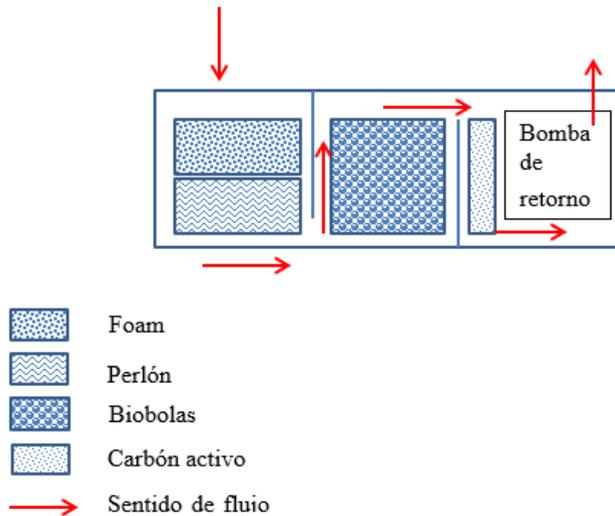


Figura 3. Esquema de funcionamiento de sump de filtración, materiales y sentido de flujo de agua.

Tres lámparas de 54 puntos led blanca y actínica de potencia 3.5W se colocaron sobre cada uno de los acuarios, conectadas a un reloj programador de fotoperiodo. Se le aplicó un régimen natural de luz adaptando progresivamente a la época natural del año. Durante otoño invierno, se le aplicó un régimen de encendido apagado de 8:30h a 17h, respectivamente. El resto de las horas de luz natural, amanecer y anochecer se mantuvieron con la luz ambiental de la sala de experimentación para que el aumento/disminución de intensidad lumínica circadiana fuera progresivo y no estresante para los caballitos.

Descripción del sistema multitrófico

Se recreó un sistema multitrófico integrado, introduciendo organismos de distintos niveles tróficos capaces de simular bajo condiciones controladas un micro ecosistema que se autorregula. Se introdujeron macroalgas y fanerógamas naturales propias del Mediterráneo, (*Caulerpa prolifera*, *Dasycladus vermicularis* y *Cymodocea nodosa*) para que tuvieran la triple función de sistema de protección y agarre de los caballitos, actuaran de biofiltro eliminando nitratos y fosfatos propios de un circuito cerrado y mantuvieran niveles óptimos de oxígeno disuelto en agua (Figura 4). Se introdujeron también gasterópodos *Monodonta turbinata* para contribuir a la eliminación de fouling. De esta manera, las labores de limpieza de los acuarios se redujeron a cambios de agua de un 5% diario, sin necesidad de realizar limpiezas mecánicas y así garantizar el bienestar de los caballitos. No se han usado sistemas de agarre y ornamentales artificiales.



Figura 4. A y B. (A). *Cymodocea nodosa* en parte superior izquierda, *Caulerpa prolifera* en zona central. (B). *Dasycladus vermicularis*

Condiciones físico-químicas del agua

Para el sistema multitrófico se empleó agua marina mediterránea previamente filtrada, madurada en tanque reservorio de 1000 L provista de aireación y filtro biológico, la cual fue reducida su salinidad a 31-32‰ aportando agua dulce.

El sistema multitrófico tuvo un proceso natural de maduración de dos meses previo a la recepción de los caballitos. Durante ese periodo los acuarios albergaron gasterópodos *Monodonta turbinata* y varios ejemplares de tomates de mar, *Actinia equina*, a los cuales se les aportaba alimento a base de pescado fresco triturado con objeto de forzar la colonización bacteriana desnitrificadora y aportar nutrientes a las macrolagas naturales sembradas. El día previo a la entrada de los caballitos, las actinias fueron trasladadas a otros acuarios para evitar incompatibilidad de especies.

Durante el ciclado del sistema y una vez iniciado el diseño experimental con los 12 ejemplares de *Hippocampus kuda* se hicieron controles físico-químicos del agua diarios para temperatura y salinidad (Waterproof pH-Temp Adwa AD11, refractómetro V2 Refractometer) y semanales para el resto de los parámetros: pH (Waterproof pH-Temp Adwa AD11), compuestos nitrogenados, fosfatos y alcalinidad, mediante análisis colorimétrico (Marine Multitest Read Sea®).

Durante todo el proceso los parámetros se mantuvieron en los siguientes rangos de valor: Temperatura: 25°C; salinidad: 31-32‰; pH: 7.8-8.3; alcalinidad dkh: 8-12°; NH₄: 0 mg/L; NO₃: 0 mg/L; NO₂: 0 mg/L; PO₄: 0-0.08 mg/L.

Régimen de alimentación

El régimen de alimentación fue de dos comidas diarias de manera manual y una tercera comida una hora antes del apagado de luces de manera automática mediante bomba dosificadora.

En la dieta diaria se alternaron alimento congelado a base de *Mysis Shrimp* y Krill congelado (*Euphasia pacifica*), de Ocean Nutrition®, lavada y mezclada con spirulina liofilizada (*Arthrospira platensis*) con artemia viva adulta de producción propia en estanque exterior en condiciones naturales y alimentada con fitoplancton vivo (*Dunaliella salina*), también de producción propia. Para la primera ración matinal se empleó artemia enriquecida desde la tarde anterior con Selco®, con alto contenido en PUFA (EPA/DHA) y Spirulina, con alto contenido proteico, que previamente se cosechó del tanque de producción y se sembró en un tanque de enriquecimiento de reducido volumen. En la segunda ración se aportó el alimento congelado y en la última se aportó artemia enriquecida con fitoplancton vivo con ayuda de bomba dosificadora.

La alimentación manual se hizo individualmente aportando un mínimo de 20 presas de artemia, Krill o Mysis por caballito, comprobando así el grado de apetencia de cada uno de ellos.

RESULTADOS

El experimento, aún en desarrollo, arroja unos resultados preliminares que indican que las condiciones de cultivo establecidas han sido idóneas para los reproductores de esta especie. Tras 1 mes de mantenimiento de cultivo, los ejemplares ya presentan patrones de movimientos propios del cortejo (Figura 5).

En la actualidad, se están estableciendo las dosis de ácido maslínico para bioencapsular a las artemias y así convertirlas en alimento vivo enriquecido en este antioxidante. El ensayo consiste en pruebas de toxicidad de ácido maslínico en concentraciones crecientes y durante diferentes tiempos. Una vez conseguidas las dosis, se les administrará a los reproductores la artemia bioencapsulada con ácido maslínico, todo ello sumado al protocolo anteriormente descrito. Las crías de estos reproductores serán alimentadas de igual modo que sus progenitores.



Figura 5. Imágenes del comportamiento en las condiciones de cultivo ensayadas.

CONCLUSIONES

Las condiciones de cultivo ensayadas a base de algas como sistema de agarre, la circulación de agua, el modo de alimentación y calidad de parámetros físico-químicos garantiza el óptimo cultivo de los reproductores de caballito

Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado por el Programa de Ayudas a proyectos de transferencia del conocimiento e innovación empresarial en el ámbito de la economía azul entre la empresa Andalmar, S.L. y la Universidad de Granada, través del proyecto CEIMAR 2021 titulado “Optimización de la puesta del caballito de mar mediante compuestos naturales bioactivos para su conservación y repoblación en el medio natural”.

REFERENCIAS

- Lupiáñez, J.A. The role of maslinic acid in the pentose phosphate pathway during growth of gilthead sea bream (*Sparus Aurata*). *Aquacult Nutr*, 2013b, 19: 709-720.
- Márquez-Martín, A., De La Puerta, R., Fernández-Arche, A., Ruiz-Gutiérrez, V., Yaqoob, P. Modulation of cytokine secretion by pentacyclic triterpenes from olive pomace oil in human mononuclear cells. *Cytokine*, 2006, 36, 5–6.
- Montilla, M.; Agil, P.A.; Navarro, M.C.; Jiménez, M.I.; García-Granados, A.; Parra, A.; Cabo, M.M. Antioxidant activity of maslinic acid, a triterpene derivative obtained from *Olea europaea*. *Planta Med.* 2003, 69, 72–74
- Papandroulakis, N., Kentouri, M., Maingot, E. *et al.* Mesocosm: A reliable technology for larval rearing of *Diplodus puntazzo* and *Diplodus sargus sargus*. *Aquaculture International* 2004, 12, 345–355
- Rufino-Palomares, E. E.; Pérez-Jiménez, A.; Reyes-Zurita, F.J.; García-Salguero, L.; Mokhtari, K.; Herrera-Merchán, A.; Medina, P.P.; Peragón, J.; Lupiáñez, J.A. Anti-cancer and Anti-angiogenic properties of various Natural pentacyclic triterpenoids and some of their chemical derivatives. *Curr. Org. Chem.* 2015, 19, 919–947
- Rufino-Palomares, E.E.; Reyes-Zurita, F.J.; García-Salguero, L.; Peragón, J.; de la Higuera, M.; Lupiáñez, J.A. Maslinic acid and ration restriction enhanced hepatic protein-turnover rates of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquac. Nut.* 2012, 18, 138–151.
- Rufino-Palomares, E.E.; Reyes-Zurita, F.J.; García-Salguero, L.; Mokhtari, K.; Medina, P.P.; Lupiáñez, J.A.; Peragón, J. Maslinic acid, a triterpenic anti-tumoural agent, interferes with cytoskeleton protein expression in HT29 human colon-cancer cells. *J. Proteom.* 2013a, 83, 15–25
- Rufino-Palomares, E.E., Reyes-Zurita, F.J., García-Salguero, L., Peragón, J., de la Higuera, M. and Zhang X., Vincent A.C.J. Conservation prioritization for seahorses (*Hippocampus spp.*) at broad spatial scales considering socioeconomic costs. *Biological Conservation*. 2019; 235: 79–88.

Marcadores de bienestar en ortiguilla de mar *Anemonia sulcata* cultivada en un sistema de acuicultura multitrófica integrada (IMTA)

Welfare biomarkers in *Anemonia sulcata* in an integrated multitrophic aquaculture system (IMTA)

Cristina E. Trenzado^{1*}, Alberto Coll¹,
Ana E. Ortiz-Maldonado¹, Amalia Pérez-Jiménez²,
Marta Ramos-Barbero³, Laura Pantoja-Echevarría²,
Pedro Antonio Álvarez-Molina⁴, Eva E. Rufino-Palomares³

¹Departamento de Biología Celular. Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada, España.

²Departamento de Zoología. Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada, España.

³Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I.
Universidad de Granada, España.

⁴iMare Natural S.L. Granada, España.

Cristina E. Trenzado   ctrenzad@ugr.es

RESUMEN | *Anemonia sulcata* es un antozoo presente en la zona inter-mareal del mar Mediterráneo por el que en los últimos años se ha desarrollado un creciente interés para su consumo y como fuente de compuestos de interés con propiedades bioactivas, provocando un descenso de las poblaciones naturales. La cría en cautividad de la ortiguilla con fines de repoblación, supondría una estrategia en respuesta a dicho problema. En el presente estudio, se analizaron diferentes parámetros relativos al estado oxidativo en ejemplares de ortiguilla de mar procedentes de tres entornos naturales diferentes y cultivados en un sistema de acuicultura multitrófico (IMTA) con el fin de evaluar su estado de bienestar y optimizar las condiciones de su cultivo. Los parámetros antioxidantes analizados (superóxido dismutasa, catalasa, glutatión transferasa y capacidad antioxidante total) revelaron cierta influencia del entorno natural de origen en el estado oxidativo de los ejemplares del entorno natural y/o cultivados. Finalmente, la ausencia de cambios destacables en la actividad de las principales enzimas antioxidantes (superóxido dismutasa, catalasa), en la capacidad antioxidante total y en el daño oxidativo a lípidos, indicó que *Anemonia sulcata* es una especie que se adapta bien a las condiciones de cultivo sin que se vea afectado su estado de bienestar.

Palabras clave |
Anemonia sulcata,
bienestar
enzimas antioxidantes,
IMTA.

ABSTRACT | *Anemonia sulcata* is an anthozoa present in the intertidal zone of the Mediterranean Sea that in recent years has developed a growing interest for its consumption and as a source of bioactive extracts, causing a decrease in natural populations. In this sense, culture of *Anemonia sulcata* for repopulation purposes would be a strategy in response to this problem. In the present study, different parameters related to the oxidative state were analyzed in anemone specimens from three different natural environments and cultivated in a multitrophic aquaculture system (IMTA) in order to assess their welfare state and optimize breeding conditions. The antioxidant parameters analyzed (superoxide dismutase, catalase, glutathione transferase and total antioxidant capacity) revealed some influence of the natural environment of origin on the oxidative state of the specimens from the natural environment and/or cultivated. Finally, the absence of notable changes in the activity of the main antioxidant enzymes (superoxide dismutase, catalase), total antioxidant capacity and oxidative damage to lipids (peroxidation), indicated that *Anemonia sulcata* is a species that can be cultivated without being affected their welfare status.

Keywords |

Anemonia sulcata,
antioxidant enzymes,
IMTA,
welfare.

INTRODUCCIÓN

Anemonia sulcata (Forsskål, 1775; Pennant 1777), es un antozoo presente en la zona intermareal del mar Mediterráneo por el que en los últimos años se ha desarrollado un creciente interés al ser una especie muy apreciada para su consumo dado que presenta excelentes propiedades nutricionales (Daza *et al.*, 2002) y como potencial fuente de compuestos bioactivos (Schweitz, *et al.*, 1995; Honma y Shiomi, 2006). Estos organismos viven en simbiosis con las zooxantelas, microalgas que el cnidario aloja en las células preferentemente de los tentáculos, y que benefician a la ortiguilla con el aporte de moléculas derivadas de su metabolismo fotosintético.

Por otro lado, los animales cultivados fuera de su entorno natural pueden estar sometidos a diversas alteraciones que promuevan en ellos una respuesta de estrés que puede dar lugar a un desequilibrio en su estado oxidativo. En estas circunstancias, los organismos pueden tener una respuesta compensatoria activando los mecanismos antioxidantes (enzimáticos o no enzimáticos). Cuando la respuesta antioxidante es insuficiente, se puede llegar a una situación de estrés oxidativo, caracterizada por la oxidación de las principales moléculas constituyentes de la estructura celular (proteínas, lípidos y ácidos nucleicos). En este sentido, variaciones en los mecanismos de defensa antioxidante podrían resultar de interés como marcadores de evaluación del bienestar en organismos acuáticos.

La acuicultura multitrófica integrada (IMTA) es un modelo de acuicultura basado en el cultivo de múltiples especies de distinto nivel trófico en un mismo tanque de cultivo. Cada vez hay más estudios corroborando las ventajas de este modelo en cuestión de sostenibilidad, pero a día de hoy son necesarios más estudios que corroboren su contribución positiva al bienestar de los organismos cultivados.

El objetivo de este trabajo fue evaluar si se produjeron alteraciones en los parámetros indicadores del estado oxidativo de *A. sulcata* cuando los animales fueron sometidos a condiciones de cultivo, con el fin de determinar su validez como marcadores de bienestar en estos organismos acuáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de ejemplares

Se recolectó un centenar de ejemplares de *Anemonia sulcata* var. *viridis* de tres zonas pertenecientes a la costa de Granada (Andalucía, España): Calahonda Salobreña y Almuñécar. Los individuos fueron transportados en contenedores con agua de mar hasta las instalaciones de iMare Natural- Andalmar Biotech S.L. (Granada, España) donde se llevó a cabo el ensayo experimental. De los animales recolectados, cinco ejemplares de cada entorno natural se congelaron inmediatamente en nitrógeno líquido para el posterior análisis de parámetros relativos al estado oxidativo.

Estabulación de anémonas procedentes del medio natural

Los ejemplares recogidos en el entorno natural se distribuyeron en un conjunto de cestillos de plástico flotantes de dimensiones 35 cm x 27 cm x 12.5 cm cada uno (Figura 1). Los tres lotes se estabularon en idénticas condiciones para evitar variables que pudieran afectar al estado de bienestar animal en condiciones de cautividad. Los animales se organizaron de tal forma que siempre permanecieron agrupados atendiendo al entorno natural de procedencia. La alimentación se llevó a cabo tres días a la semana, con una ingesta individual semanal del 6% de su peso corporal, siendo proporcionado el alimento (mezcla de triturado de pescado) de manera manual en cada individuo.

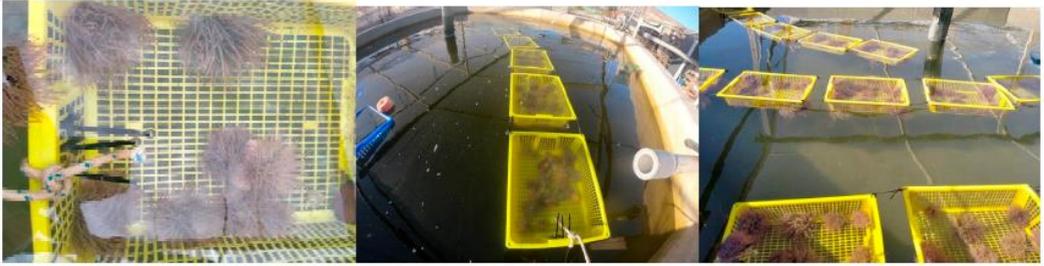


Figura 1. Líneas poblacionales de anémonas estabuladas en cestillos.

Sistema de acuicultura multitrófica integrada (IMTA)

El carácter innovador de este proyecto radica en la aplicación de la tecnología multitrófica IMTA (Integrated Multitrophic Technology of Aquaculture) al cultivo de la ortiguilla. Este tipo de tecnología se basa en llevar a cabo el cultivo de especies pertenecientes a distintos niveles tróficos con el fin de que unas puedan aprovechar los desechos orgánicos de otras y contribuyan a la autodepuración del agua del circuito cerrado. En definitiva, crear bajo condiciones controladas un ecosistema que se autorregula. Así pues, además de *Anemonia sulcata*, como especie objetivo de este proyecto y a la única a la que se le aporta alimento, se introducen otras especies secundarias filtradoras, herbívoras, detritívoras y desnitrificadoras.

Toma de muestras y evaluación del estado oxidativo

Tras un período experimental de 8 semanas, se recolectaron 9 ejemplares (3 por cada procedencia del entorno natural inicial) en los que se separó el tejido del tentáculo y del pie que inmediatamente fue congelado en nitrógeno líquido. Una vez en el laboratorio, se homogenizaron los tejidos por separado en tampón Tris HCl 100 mM pH 7.8 tritón X-100 0.1 %. en proporción 1:4 (p/v). Seguidamente, los extractos se centrifugaron a 16.000 rpm a 4°C durante 30 minutos. El sobrenadante resultante se utilizó para las determinaciones bioquímicas.

Se determinó la actividad antioxidante de diferentes enzimas: superóxido dismutasa (SOD) según McCord y Fridovich (1969), catalasa (CAT) según Aebi (1984) y glutatión-S-transferasa (GST) según Frasco y Guilhermino (2002). La actividad de las enzimas se expresó como actividad específica (unidades por miligramo de proteína). Para ello se determinaron las proteínas solubles en los diferentes extractos (Bradford, 1976). También se llevó a cabo la evaluación de la actividad antioxidante total en base a equivalentes del trolox (TEAC) según el procedimiento de técnica de Erel (2004). Finalmente se analizó el daño oxidativo a lípidos según la técnica de Buege y Aust,

(1978) modificada, basada en la medida de los niveles de MDA atendiendo al análisis de TBARS (sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico).

Todas las medidas se llevaron a cabo mediante análisis espectrofotométrico utilizando un lector de placas de 96 pocillos (Bio-tek Instruments, PowerWave, USA).

Para el análisis estadístico, los resultados obtenidos se expresaron como media y error estándar de la media (SEM). Se realizó un análisis de t-Student para evaluar el efecto del cultivo (individuos salvajes vs. cultivados) y un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía para constatar posibles diferencias entre los tres puntos de muestreo. Cuando se encontraron diferencias significativas se realizó un análisis post hoc (test de Tukey). El nivel de confianza escogido para todos los análisis fue del 95% ($p < 0.05$). Todo el tratamiento de datos se realizó con el software R 4.0.2 y RStudio 2022.02.2.

RESULTADOS

Tras el análisis de diferentes parámetros indicadores del estado oxidativo se observaron los siguientes resultados con relación a la actividad de las enzimas antioxidantes:

La actividad SOD y CAT (Figuras 2 y 3) en general no sufrió variaciones asociadas a las condiciones de cultivo en ninguno de los tejidos analizados. En tentáculo de animales salvajes se observó una influencia del punto de origen de muestreo para ambas enzimas.

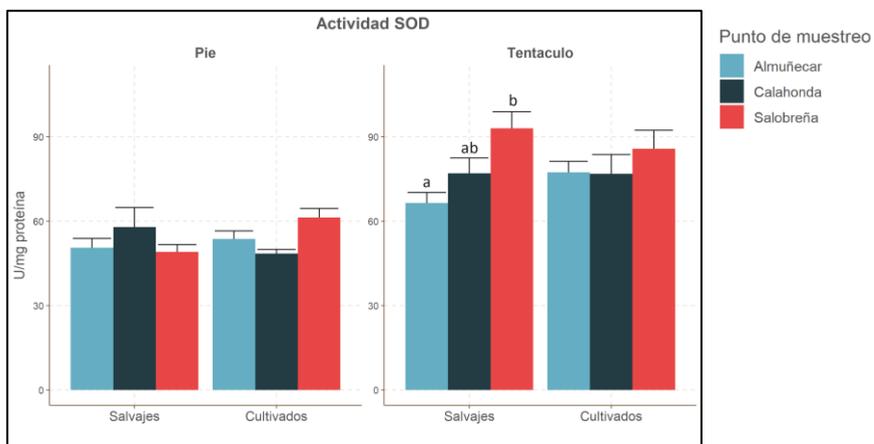


Figura 2. Actividad superóxido dismutasa (SOD) en ejemplares de *Anemonia sulcata* salvajes y cultivados). Los valores son media \pm SEM (n=5 salvajes, n=3 cultivados). a,b,c: diferencias asociadas al origen de los ejemplares.

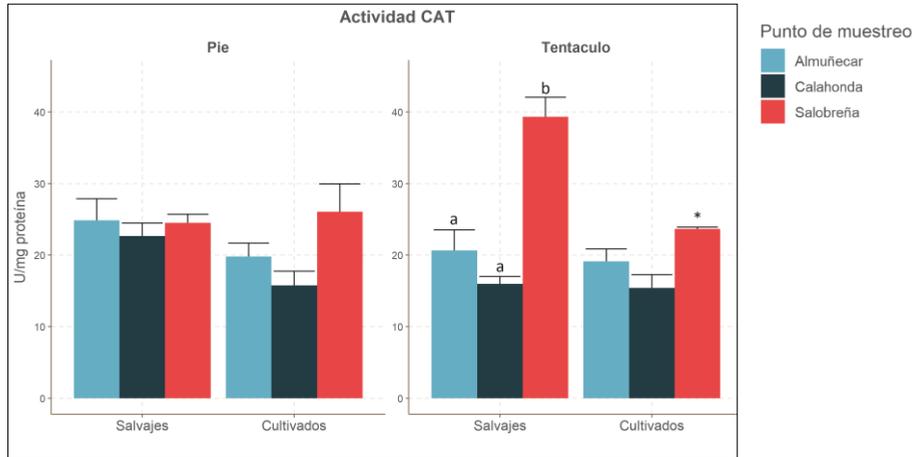


Figura 3. Actividad catalasa (CAT) en ejemplares de *Anemonia sulcata* salvajes y cultivados). Los valores son media \pm SEM (n=5 salvajes, n=3 cultivados). *: efecto del cultivo. a,b,c: diferencias asociadas al origen de los ejemplares.

La actividad GST (Figura 4) mostró un incremento de actividad en pie de animales cultivados, observándose, por el contrario, valores más bajos en tentáculo de animales cultivados. Se observó una influencia del punto de muestreo en ambos tejidos.

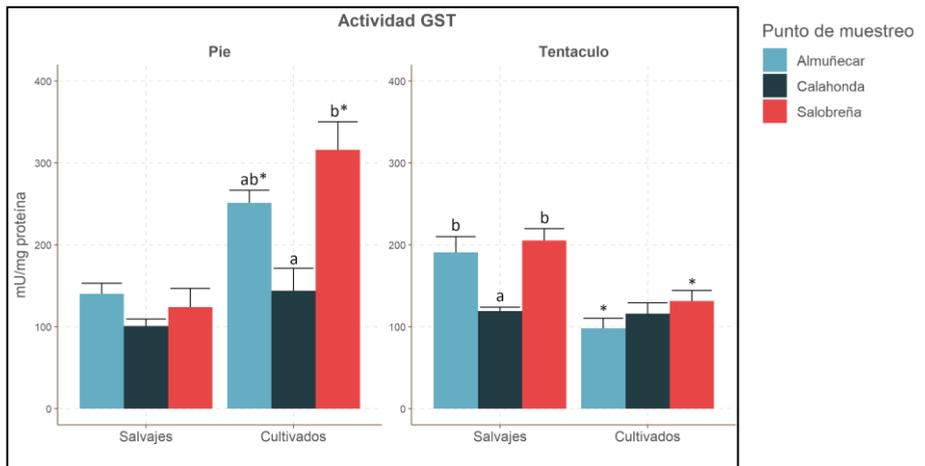


Figura 4. Actividad glutatión transferasa (GST) en ejemplares de *Anemonia sulcata* salvajes y cultivados). Los valores son media \pm SEM (n=5 salvajes, n=3 cultivados). *: efecto del cultivo. a,b,c: diferencias asociadas al origen de los ejemplares.

Con relación a la capacidad antioxidante total (TEAC) no se observó un efecto significativo del cultivo sobre los ejemplares (Figura 5). Por otro lado, los valores de actividad antioxidante fueron superiores en pie con respecto al tentáculo. En individuos cultivados (pie) se observó una influencia del ambiente de origen.

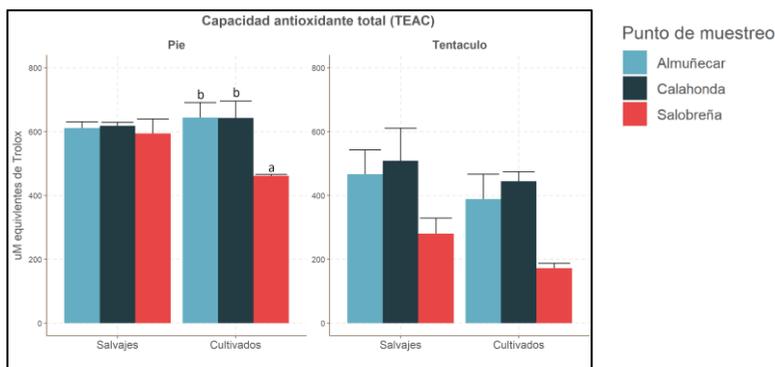


Figura 5. Capacidad antioxidante total (TEAC) en ejemplares de *Anemonia sulcata* salvajes y cultivados). Los valores son media \pm SEM (n=5 salvajes, n=3 cultivados). a,b,c: diferencias asociadas al origen de los ejemplares.

Finalmente, en cuanto a los niveles de peroxidación lipídica (MDA), en general no se observó un efecto negativo del cultivo, aunque en tentáculo algunos grupos cultivados mostraron valores ligeramente superiores (Figura 6).

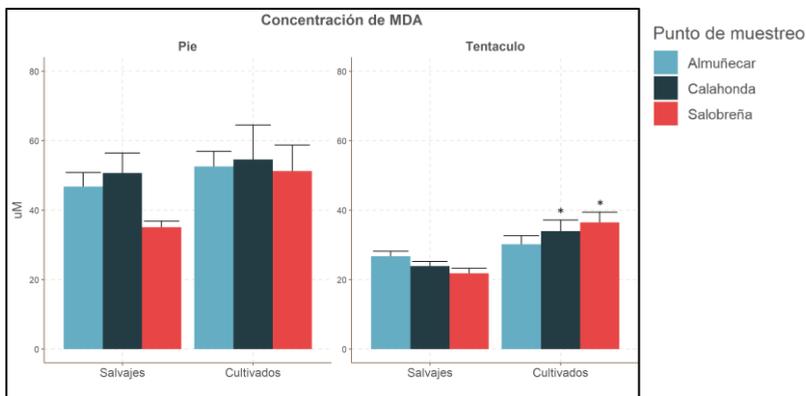


Figura 6. Peroxidación lipídica (MDA) en ejemplares de *Anemonia sulcata* salvajes y cultivados). Los valores son media \pm SEM (n=5 salvajes, n=3 cultivados). *: efecto del cultivo.

DISCUSIÓN

La ortiguilla de mar es una especie que convive en simbiosis con las zooxantelas, microorganismos con carácter fotosintético que, al estar albergadas en su epidermis aportan fotosintatos que suponen para la ortiguilla un beneficio a nivel nutricional. Por otro lado, dicha actividad fotosintética puede favorecer un entrono prooxidante que promueva la producción de especies de oxígeno reactivo (ROS). Para hacer frente a esta situación los corales y anémonas que albergan zooxantelas han desarrollado defensas antioxidantes enzimáticas muy eficientes, como SOD, CAT (Furla *et al.*, 2005).

El análisis del estado oxidativo en función del tejido analizado (tentáculo o pie) puso de manifiesto, en general y para todos los grupos, valores de SOD cualitativamente mayores en tentáculo. Esto podría deberse a la mayor densidad de zooxantelas en estos órganos. Las zooxantelas son una vía importante de producción de ROS, por lo que resulta coherente que la actividad SOD se concentre en los tentáculos

Los resultados previos explicarían los valores más elevados de peroxidación lipídica en pie con relación al tentáculo con independencia del grupo experimental (salvaje o cultivado). Esto podría explicarse por la presencia de un mayor porcentaje lipídico en el tejido visceral que integra el pie, haciéndolo más susceptible a sufrir peroxidación en condiciones de estrés. Por otra parte, la intensa actividad SOD encontrada en los tentáculos, podría ser capaz de prevenir eficientemente la peroxidación lipídica en estos órganos más expuestos en relación a la actividad fotosintética de las zooxantelas promoviendo la síntesis de ROS.

En cuanto a la valoración de los efectos del cultivo con relación a individuos presentes en el entorno natural, los resultados parecen indicar que el cultivo controlado de la ortiguilla de mar no se asoció a una evidente pérdida de bienestar ni deterioro del estado oxidativo respecto a los ejemplares salvajes. La actividad de las principales enzimas antioxidantes en la ruta detoxificadora SOD, y CAT, no se incrementó significativamente respecto a los animales salvajes, y tampoco hubo alteraciones en la capacidad antioxidante total (TEAC), representada por moléculas antioxidantes no enzimáticas.

En cuanto a la actividad GST, dicha enzima tiene un papel fundamentalmente ejerciendo una función detoxificadora dependiente de moléculas antioxidantes como el glutatión reducido (Almar *et al.*, 1998). Los resultados mostraron un incremento de actividad destacable en individuos cultivados, en posible respuesta a alguna alteración de la calidad del agua de cultivo. Este efecto se observó principalmente en el tejido del pie de los individuos que podría ser más propenso a la acumulación de ciertos agentes xenobióticos.

Finalmente, el hecho de contar con individuos procedentes de tres entornos naturales con características diferentes permitió valorar si este factor podría ser determinante en la capacidad de adaptación de la ortiguilla a un sistema de cultivo. A este respecto, las ortiguillas procedentes de Salobreña registraron valores inusualmente elevados de actividad SOD y especialmente de actividad CAT en individuos salvajes. Una tendencia similar se observó para la GST. Estas diferencias enzimáticas se manifestaron de manera más evidente en el tentáculo, por lo que este tejido podría haber sido más sensible a las alteraciones del entorno natural. Cabe destacar un incremento de actividad GST en pie de individuos cultivados procedentes precisamente de este punto de muestreo (Salobreña) lo podría ser indicativo una mayor susceptibilidad de estos animales a alteraciones en la calidad del medio de cultivo.

A esto se une que fue el único grupo en el que se detectó un incremento significativo de la concentración de MDA en condiciones de cultivo, aunque en términos cuantitativos no fuera destacado. Es posible que las anémonas de esta población contaran con un peor estado oxidativo en el momento del muestreo, lo cual habría incrementado sus actividades de enzimas antioxidantes y podría haber repercutido en una peor adaptación a las condiciones de cultivo. Entre las posibles causas de este fenómeno destaca la presencia de dos emisarios de aguas residuales urbanas en el punto de muestreo de Salobreña, que podrían haber afectado a la calidad del agua.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados, todo parece indicar que existe una influencia de las condiciones del medio en el entorno natural de origen sobre el estado oxidativo de ejemplares posteriormente cultivados en un sistema multitrófico. Esto podría ser determinante para el buen desarrollo y reproducción de los ejemplares a largo plazo. Por otro lado, la falta de cambios destacables en la actividad de las principales enzimas antioxidantes y la ausencia de daño oxidativo a lípidos cuando se compararon los individuos salvajes y cultivados de un mismo entorno natural indicó que *Anemonia sulcata* es una especie que se adaptaba bien a las condiciones de cultivo sin que se viera afectado su estado de bienestar.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP) de la Unión Europea, dentro de la convocatoria de proyectos PLEAMAR 2019 de la Fundación Biodiversidad perteneciente al Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través del proyecto ORTIMAR (Ref. FB2019-1).

REFERENCIAS

- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105: 121–126.
- Almar, M., Otero, L., Santos, C., González Gallego, J. (1998). Liver glutathione content and glutathione-dependent enzymes of two species of freshwater fish as bioindicators of chemical pollution. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 33: 769–783.
- Bradford, M. (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Buege, J. A., Aust, S. D. (1978). Microsomal Lipid Peroxidation. *Methods in Enzymology*, 52, 302-210.
- Daza, J.L., Del Castillo, F., Márquez, I. (2002). La Pesquería del Erizo y la Anémona de Mar en el litoral de Cádiz y Málaga. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Ser. Recursos Pesqueros.
- Erel, O. (2004). A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37: 277–285.
- Frasco, M. F., Guilhermino, L. (2002). Effects of dimethoate and beta-naphthoflavone on selected biomarkers of *Poecilia reticulata*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26: 149–156.
- Furla, P., Allemand, D., Shick, J. M., Ferrier-Pagès, C., Richier, S., Plantivaux, A., Merle, P. L., Tambutté, S. (2005). The symbiotic anthozoan: A physiological chimera between alga and animal. *Integrative and Comparative Biology*, 45: 595-604.
- Honma T, Shiomi K. (2006). Peptide toxins in sea anemones: structural and functional aspects. *Marine Biotechnology*, 8: 1–10.
- McCord, J. M., Fridovich, I. (1969). Superoxide Dismutase: an enzymic function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein). *Journal of Biological Chemistry*, 244(22), 6049–6055.
- Schweitz, H., Bruhn, T., Guillemare, E., Moinier, D., Lancelin, J.M., Bèress, L., Lazdunski, M. (1995). Kalicludines and Kaliseptine. Two different classes of sea anemone toxins for voltage sensitive K channels. *Journal of Biological Chemistry*, 270: 25121-25126.

Impacto de la reproducción de *Anemonia sulcata* (Cnidaria) en entorno IMTA sobre su estado de bienestar con fines de repoblación

Impact of reproduction on *Anemonia sulcata* (Cnidaria) welfare in IMTA culture system for repopulation purposes

Alberto Coll^{1*}, Amalia Pérez-Jiménez²,
Ana E. Ortiz-Maldonado¹, Eva E. Rufino-Palomares³,
Laura Pantoja-Echevarría², Marta Ramos-Barbero³,
Carolina Alonso-Pozas⁴, Cristina E. Trenzado¹

¹Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España.

²Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España.

³Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España.

⁴iMare Natural S.L., Granada, España.

Alberto Coll   collferalberto@correo.ugr.es

RESUMEN | *Anemonia sulcata* es una especie de anémona frecuente en el Mediterráneo, y cuyo estado de conservación ha empeorado recientemente por su explotación. En este trabajo, se utilizó un entorno de acuicultura multitrófica integrada (IMTA) con fines de reproducción para llevar a cabo su reintroducción en el medio natural. Se evaluó el impacto de las dos formas de reproducción (asexual y sexual) sobre el estado de bienestar de los animales, utilizando como indicadores diferentes parámetros relativos al estado oxidativo. Se recolectaron animales de tres puntos de la costa de Granada (España) para ser cultivados en un entorno IMTA. Se establecieron cuatro grupos experimentales: un grupo control, un grupo de animales seccionados longitudinal para estimular su reproducción asexual, un grupo de animales maduros sexualmente previamente seccionados, y un grupo de animales maduros sexualmente no seccionados previamente. Se analizó la actividad de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y DT-diaforasa (DTD); así como la peroxidación lipídica midiendo la concentración de malondialdehído. Las actividades CAT y DTD se elevaron drásticamente tras inducir la reproducción asexual. La maduración sexual en animales no seccionados provocó un aumento significativo en la CAT, observándose en la DTD un condicionante del entorno natural origen

Palabras clave |
Anemonia sulcata,
bienestar animal,
estrés oxidativo,
IMTA

de los ejemplares en las variaciones mostradas en dicha enzima. Ni la actividad SOD ni el daño oxidativo mostraron variaciones significativas entre tratamientos. Los resultados sugieren que las estrategias de reproducción estudiadas no deterioran el estado de bienestar del animal, y abren la posibilidad de combinarlas en cultivo IMTA.

ABSTRACT | *Anemonia sulcata* is a common species of sea anemone in the Mediterranean Sea. Its conservation status has recently worsened due to its exploitation. In this study, an integrated multitrophic aquaculture (IMTA) environment was used to reproduce the species for its subsequent reintroduction into the wild. The impact of different reproduction modes on the welfare state of the animals was evaluated, using oxidative stress-related parameters as indicators. Animals were collected from three locations on the coast of Granada (Spain) to be cultured in the IMTA environment. Four experimental groups were established: a control group, a group of animals sectioned longitudinally to stimulate their asexual reproduction, a group of previously sectioned sexually mature animals, and a group of unmanipulated sexually mature animals. Activity of the enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and DT-diaphorase (DTD) was analyzed, as well as lipid peroxidation by measuring malondialdehyde concentration. CAT and DTD activities rose dramatically after inducing asexual reproduction. Sexual maturation of unmanipulated animals caused a significant increase in CAT activity, while DTD activity was shown to be conditioned by origin of the animals. Neither SOD activity nor oxidative damage showed significant variation among treatments. These results suggest that the studied reproduction strategies do not deteriorate the welfare state of the animal, and thus open the possibility of combining them in IMTA culture.

Keywords |

Anemonia sulcata,
Animal welfare,
IMTA,
oxidative stress

INTRODUCCIÓN

Anemonia sulcata (Pennant, 1777) es un cnidario antozoo del orden Actiniaria, comúnmente conocido como ortiguilla de mar, que aparece ampliamente distribuida por el Mediterráneo, la costa Atlántica de Europa y norte de África (Calvín-Calvo y Eismán-Valdés, 2020). Aunque son animales típicamente carnívoros, complementan su nutrición heterótrofa gracias a la presencia de microalgas endosimbióticas del género *Symbiodinium* (zooxantelas) en sus tejidos (Casado-Amezúa *et al.*, 2016).

La ortiguilla carece de fase medusoide en su ciclo de vida, de modo que los pólipos llevan a cabo todas las modalidades de reproducción. La reproducción asexual (sea natural o inducida) se produce

fundamentalmente mediante fisión longitudinal, mientras que la reproducción sexual se da por fertilización externa, aunque las larvas pueden desarrollarse en la cavidad gastrovascular de forma incidental (Bocharova, 2016, Utrilla *et al.*, 2019).

En los últimos años, sus poblaciones naturales en la costa de Andalucía (España) se han resentido debido a la intensa presión de explotación que sufren, así como a la prevalencia de la recolección furtiva (Daza *et al.*, 2002). La acuicultura ofrece una posible solución a ese problema de conservación, permitiendo la producción de individuos en cautividad en un sistema de acuicultura multitrófica integrada (IMTA), para la posterior repoblación de ejemplares en espacios naturales. En un sistema IMTA, además de la especie de interés, se cultivan especies complementarias o extractivas, pertenecientes a distintos niveles tróficos. De esta forma, los productos de excreción de la especie primaria funcionan como recursos para el resto de las especies, y se disminuye la carga de materia orgánica y nutrientes en el agua efluente, favoreciendo la sostenibilidad de la explotación acuícola (Guerrero y Cremades, 2012; Buck *et al.*, 2018).

El objetivo del estudio fue evaluar si la reproducción asexual inducida y/o la maduración sexual en entorno de cultivo se pueden plantear como estrategias de reproducción de *Anemonia sulcata*, valorando su impacto en el bienestar de los animales mediante el estudio de parámetros bioquímicos implicados en el mantenimiento del equilibrio oxidativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de ejemplares y diseño experimental

Se recolectaron ejemplares procedentes de tres puntos de la costa de Granada (Andalucía, España): Calahonda, Almuñécar y Salobreña, y se trasladaron a las instalaciones de iMare Natural - Andamar Biotech S.L. (Granada, España), donde se llevó a cabo el ensayo en cultivo multitrófico. Los individuos recolectados se estabularon en un único tanque de cultivo, distribuidos en cestillos de plástico flotantes de modo que siempre estuvieran separados por punto de origen. Se alimentaron manualmente con una frecuencia de tres días a la semana, resultando una ingesta individual semanal del 6% de su peso corporal. En el tanque de cultivo, además, se introdujeron especies pertenecientes a otros niveles tróficos (productores primarios, herbívoros, detritívoros y filtradores) para establecer el entorno IMTA (Figura 1).



Figura 1. Tanque experimental en el que se estableció el entorno IMTA. Se aprecian los cestillos en los que se establecieron las anémonas, separadas según su población de origen.

Tras 4 semanas de aclimatación al cultivo, se seleccionó una parte de los individuos al azar y se les asignó el tratamiento de reproducción asexual inducida, que se realizó mediante una sección longitudinal a los organismos que estimulara su fisión. El resto de las anémonas cultivadas formó el grupo control y no recibió este tratamiento. Se muestrearon ejemplares ($n = 9$, 3 por punto de origen) de ambos grupos a las 4 semanas de la manipulación, y posteriormente se volvió a muestrear a las 20 semanas de la misma, momento en el que las anémonas ya eran sexualmente maduras (Figura 2).

Procesado de las muestras y determinaciones espectrofotométricas

Los ejemplares muestreados fueron congelados en nitrógeno líquido, y posteriormente en laboratorio se separó y homogenizó el tentáculo para los distintos ensayos bioquímicos. Utilizando un espectrofotómetro de placas de 96 pocillos (Bio-tek Instruments, PowerWave), se determinó la actividad antioxidante de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), según McCord y Fridovich (1969); catalasa (CAT), según Aebi (1984); y DT-diaforasa (DTD) según el método de Lemaire *et al.* (1996) modificado. Para estas mediciones, fue necesario determinar la concentración de proteína soluble de los extractos, mediante el método de Bradford (1976). Por último, se evaluó el daño oxidativo a lípidos celulares mediante la técnica modificada de Buege y Aust (1978), en la que se miden los niveles de malondialdehído (MDA) mediante análisis de sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico.

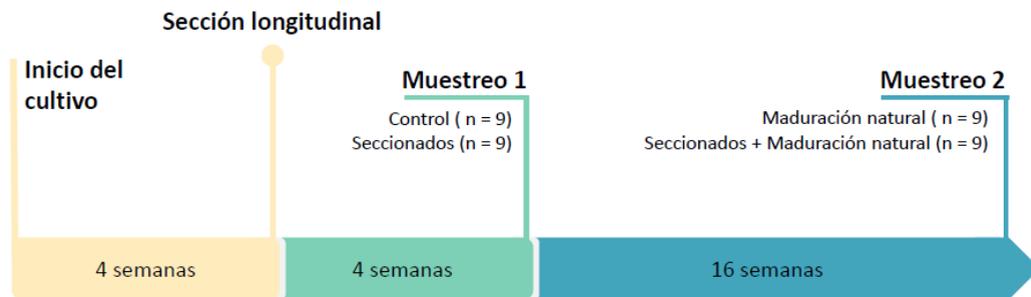


Figura 2. Línea temporal del ensayo, en el que se indica la manipulación por sección longitudinal y las cuatro situaciones experimentales muestreadas.

Los resultados fueron expresados como media \pm error estándar de la media (SEM), y se comparó la media de cada uno de los tres grupos experimentales (reproducción asexual inducida, maduración natural, y combinación de ambos) frente a la del control mediante t-Student. Adicionalmente, dentro de cada situación experimental, se utilizó un ANOVA de una vía para evaluar el efecto del punto de muestreo, seguido de un test de Tukey como análisis post hoc. El nivel de confianza escogido para todos los análisis fue del 95% ($p < 0.05$). Todos los análisis fueron realizados con el software R 4.0.2 y RStudio 2022.02.2.

RESULTADOS

La actividad SOD no mostró diferencias significativas entre el control y ninguna de las situaciones experimentales (Figura 3). Aunque se apreciaron variaciones entre puntos de muestreo, ninguna de estas diferencias resultó estadísticamente significativa. En cuanto la actividad CAT (Figura 4), se observó que tanto la reproducción asexual inducida como la maduración sexual natural se asociaron con niveles considerablemente mayores de actividad de la enzima. Por otro lado, en los dos grupos en los que hubo maduración sexual, la respuesta de esta enzima no fue uniforme, sino que estuvo condicionada por el punto de origen natural de muestreo de los ejemplares.

Para la enzima DTD (Figura 5) se mostró también un incremento generalizado de su actividad asociado a la reproducción asexual inducida. De nuevo, las respuestas asociadas a la maduración natural estuvieron fuertemente condicionadas por el punto de origen. Finalmente, los niveles de MDA (Figura 6) fueron similares en todas las situaciones experimentales y no se encontraron diferencias significativas relativas al tratamiento o al punto de muestreo.

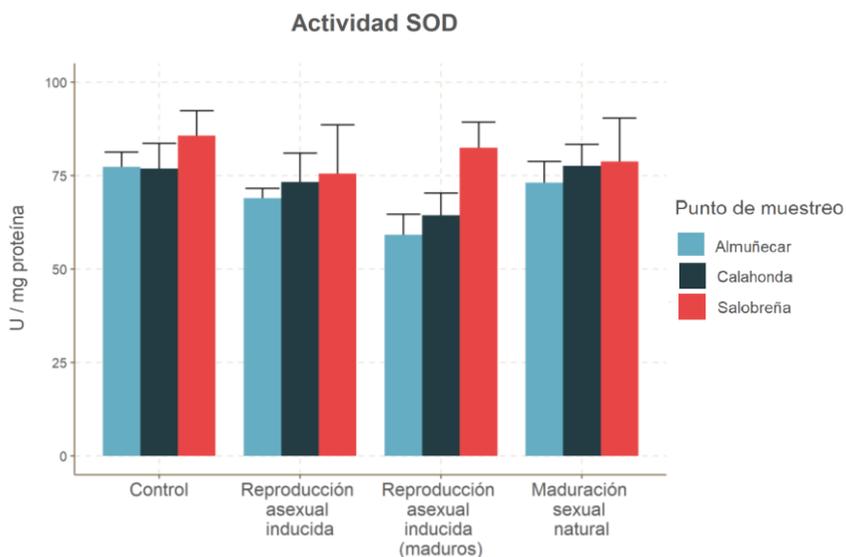


Figura 3. Actividad superóxido dismutasa (SOD) en ejemplares de *Anemonia sulcata* en distintas situaciones experimentales (n=3, por punto de muestreo).

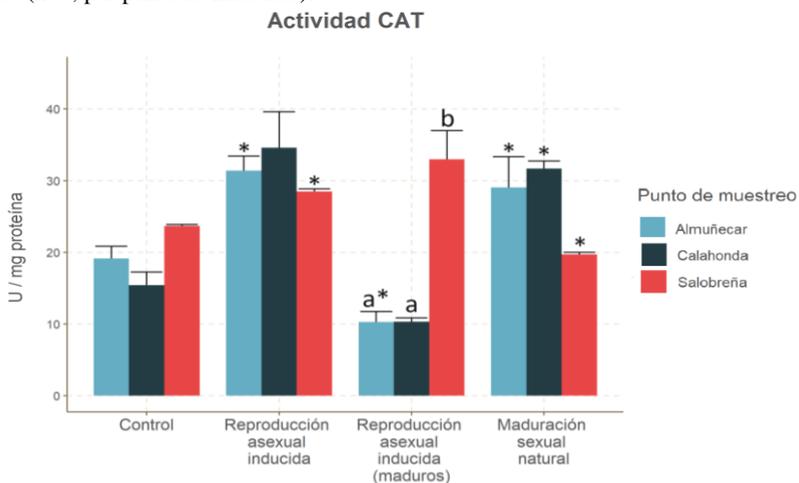


Figura 4. Actividad catalasa (CAT) en ejemplares de *Anemonia sulcata* bajo distintas situaciones experimentales (n = 3, por punto de muestreo). *: efecto del modo de reproducción. a,b,c: diferencias asociadas al origen de los ejemplares.

DISCUSIÓN

A la vista de los resultados, *A. sulcata* parece ser una especie resistente y que se adapta bien a las condiciones de cultivo. Se encontró una tasa de supervivencia mayor del 90 %, y no se detectaron casos de blanqueamiento (expulsión de las zooxantelas), siendo esta una de las respuestas de estrés más drásticas que pueden experimentar. Otros estudios previos ya constatan que, en general, las especies de antozoos simbióticos suelen ser más resistentes ante diversos tipos de estrés ambiental que antozoos no simbióticos, ya que habrían tenido que adaptarse a la intensa producción de especies de oxígeno reactivo (ROS) por parte de las zooxantelas (Richier *et al.*, 2005).

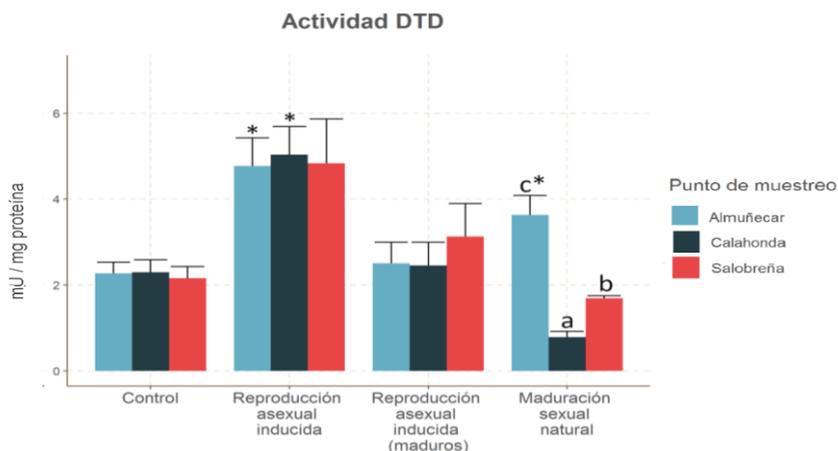


Figura 5. Actividad DT-diaforasa (DTD) en ejemplares de *Anemonia sulcata* bajo distintas situaciones experimentales (n = 3, por punto de muestreo). *: efecto del modo de reproducción. a,b,c: diferencias asociadas al origen de los ejemplares.

En condiciones de cultivo controlado, la ortiguilla de mar ofrece la posibilidad de llevar a cabo una fisión longitudinal del individuo, con el objetivo de estimular la reproducción asexual de las anémonas. Sin embargo, en muchas ocasiones esta manipulación puede suponer una causa de estrés que comprometa su bienestar. Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto un incremento bastante generalizado de la actividad CAT y DTD en los individuos que sufrieron dicha sección longitudinal.

En cambio, la actividad SOD se mantuvo estable, posiblemente debido a que su actividad constitutiva fuera suficiente para hacer frente a posibles desequilibrios en el estado oxidativo de los ejemplares. La SOD es la primera línea de defensa frente a las ROS, generando peróxido de hidrógeno en su reacción, pero la producción de esta molécula debe estar controlada por enzimas que lo utilicen como sustrato, evitando así su acumulación y citotoxicidad. La catalasa es

especialmente relevante en este rol debido a que es más eficiente a elevadas concentraciones de H_2O_2 , y por tanto un incremento de su actividad ayudaría a mantener el balance SOD/CAT, evitando el daño oxidativo (Merle *et al.*, 2007).

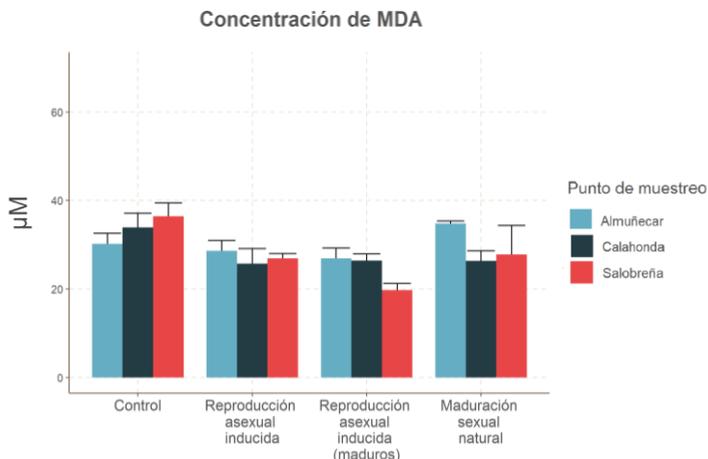


Figura 6. Peroxidación lipídica (MDA) en ejemplares de *Anemonia sulcata* bajo distintas situaciones experimentales (n = 3, por punto de muestreo).

De hecho, a pesar del incremento de actividades antioxidantes, la fisión artificial no implicó una mayor concentración de MDA respecto al control, por lo que se puede concluir que, aunque inducir la reproducción asexual generó un estrés a las anémonas (posiblemente asociado a ciertos cambios metabólicos que propiciarán la producción de ROS), la respuesta antioxidante que desarrollaron fue suficiente para evitar daño oxidativo en sus lípidos. Este hecho es especialmente relevante para proyectos de repoblación o reforzamiento poblacional, ya que implica que es posible multiplicar la ortiguilla de mar mediante reproducción asexual sin que su estado oxidativo, y por tanto su bienestar, se vean drásticamente perjudicados.

Los resultados obtenidos también parecen indicar que el proceso de maduración en los individuos seleccionados no desembocó en un estado de estrés oxidativo, si bien una mayor sensibilidad de algunos individuos atendiendo a la calidad del entorno en el que se encontraba su población de origen podría haber condicionado el perfil de su respuesta antioxidante. Por tanto, el grado de bienestar de los ejemplares en su entorno natural podría ser determinante a la hora de favorecer su posterior adaptación a las condiciones de cultivo.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se concluye que, si bien puntualmente se produjeron incrementos en las actividades enzimáticas medidas, las estrategias de reproducción ensayadas no deterioran significativamente el estado de bienestar de *A. sulcata*, como bien demuestran la ausencia de alteraciones en la actividad SOD y peroxidación lipídica. Bajo estas premisas, parece plausible combinar ambos modos de reproducción en un sistema de cultivo, con el objetivo de incrementar rápidamente el tamaño de población y a la vez conseguir cierto grado de diversidad genética antes de la liberación de ejemplares en el medio natural.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP) de la Unión Europea, dentro de la convocatoria de proyectos PLEAMAR 2019 de la Fundación Biodiversidad perteneciente al Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través del proyecto ORTIMAR (Ref. FB2019-1).

REFERENCIAS

- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105: 121–126.
- Bocharova, E. (2016). Reproduction of sea anemones and other hexacorals. En: Goffredo, S., Dubinsky, Z. (eds) *The Cnidaria, Past, Present and Future*. Springer, Cham, 239-248.
- Bradford, M. (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Buck, B. H., Troell, M. F., Krause, G., Angel, D. L., Grote, B., Chopin, T. (2018). State of the art and challenges for offshore Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). In *Frontiers in Marine Science* (5), 1-21.
- Buege, J. A., Aust, S. D. (1978). Microsomal Lipid Peroxidation. *Methods in Enzymology*, 52, 302-210.
- Calvín Calvo, J. C., Eisman Valdés, C. (2020). El ecosistema marino mediterráneo: guía de su flora, fauna y hábitats. Juan Carlos Calvín.
- Casado-Amezúa, P., Terrón-Sigler, A., Pinzón, J. H., Furla, P., Forcioli, D., Allemand, D., Ribes, M., Coma, R. (2016). General ecological aspects of anthozoan- symbiodinium interactions in the mediterranean sea. En: Goffredo, S., Dubinsky, Z. (eds) *The Cnidaria, Past, Present and Future*. Springer, Cham, 375–386.
- Daza, J.L., Del Castillo, F., Márquez, I. (2002). La Pesquería del Erizo y la Anémona de Mar en el litoral de Cádiz y Málaga. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Ser. Recursos Pesqueros.

- Guerrero, S., Cremades, J. (2012). Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA): A sustainable, pioneering alternative for marine cultures in Galicia. (C. J. Guerrero S., Ed.). Xunta de Galicia (Spain).
- Lemaire, P., Sturve, J., Förlin, L., Livingstone, D. R. (1996). Studies on aromatic hydrocarbon quinone metabolism and DT-Diaphorase function in liver of fish species. *Marine Environmental Research*, 42(1–4), 317–321
- McCord, J. M., Fridovich, I. (1969). Superoxide Dismutase: an enzymic function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein). *Journal of Biological Chemistry*, 244(22), 6049–6055.
- Merle, P. L., Sabourault, C., Richier, S., Allemand, D., Furla, P. (2007). Catalase characterization and implication in bleaching of a symbiotic sea anemone. *Free Radical Biology and Medicine*, 42(2), 236-246.
- Richier, S., Furla, P., Plantivaux, A., Merle, P. L., Allemand, D. (2005). Symbiosis-induced adaptation to oxidative stress. *Journal of Experimental Biology*, 208(2), 277-285.
- Utrilla, O., Castro-Claros, J. D., Urra, J., Navas, F. D., Salas, C. (2019). Reproduction of the anthozoan *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777) in southern Spain: from asexual reproduction to putative maternal care. *Marine Biology*, 166, 111.





BIOTECNOLOGÍA

Efecto antiinflamatorio y antioxidante de las fracciones extraídas de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris* | Anti-inflammatory and antioxidant effect of fractions extracted from the common octopus ink *Octopus vulgaris*

Laura Pantoja-Echevarría, Marta Ramos-Barbero, Carlos Alor-Luna, Cristina E. Trenzado, Amalia Pérez-Jiménez, Eva E. Rufino-Palomares

Potencial antiproliferativo de compuestos extraídos de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris* | Antiproliferative potential of compounds extracted from common octopus ink *Octopus vulgaris*

Marta Ramos-Barbero, Laura María Pantoja Echevarría, Carlos Alor Luna, Eva Encarnación Rufino Palomares, Cristina E. Trenzado, Amalia Pérez

Hidrólisis ácida de la quitina extraída de harina de cabezas de langosta precocida | Acid hidrólisis of chitin extracted from flour of precooked lobster heads

Yilma M. Estrada Hernández, Caridad Curbelo Hernández, Oxalis Rodríguez Martínez, Lilian Castillo López, Yeniset Fumero Acosta, Raquel Silveira Coffigny

Comparative study between two *Thymus vulgaris* essential oils: Identification of their chemical composition and evaluation of their antibacterial activity | Estudio comparativo de dos aceites esenciales de *Thymus vulgaris*: Identificación de la composición química y evaluación de la actividad antibacterial

Asmaa Chbel, Abdelhakim Elmakssoudi, Manuel Rey-Méndez, Juan L. Barja, Ouafaa Aniq Filali, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalfi

Anti-vibrio activity of lactic acid bacteria isolated from bat guano | Actividad anti-Vibrio de bacterias ácido lácticas aisladas desde guano de Murcielago

Souraya Sakoui, Reda Derdak, Fatimazahra Jouga, Boutaina Addoum, Manuel Rey Méndez, Juan L. Barja, Abdelaziz Soukri, Bouchra El Khalfi

Efecto antiinflamatorio y antioxidante de las fracciones extraídas de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris*

Anti-inflammatory and antioxidant effect of fractions extracted from the common octopus ink *Octopus vulgaris*

Laura Pantoja-Echevarría^{1*}, Marta Ramos-Barbero²,
Carlos Alor-Luna², Cristina E. Trenzado³,
Amalia Pérez-Jiménez¹, Eva E. Rufino-Palomares²

¹Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada, España

²Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I, Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada, España

³Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias,
Universidad de Granada, España

Laura Pantoja-Echevarría:   laura.pantoja@ugr.es

RESUMEN | Numerosos estudios han demostrado que la tinta de calamares y sepias tiene propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, anticancerígenas, neuroprotectoras, analgésicas y antipalúdicas. Sin embargo, las propiedades bioquímicas y biológicas de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris* aún están poco definidas. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad antiinflamatoria y antioxidante de la tinta de *O. vulgaris* en fibroblastos de pulmón humano (control) y en dos líneas de células cancerígenas. Para ello se obtuvieron cuatro fracciones de la tinta del pulpo: hexano (HX), etilacetato (EA), butanol (BT) y agua-metanol (HM). Los resultados de esta investigación sugieren el potencial efecto antioxidante y antiinflamatorio de las fracciones extraídas de la tinta de pulpo en líneas celulares cancerígenas. Las fracciones HX y EA mostraron actividad antioxidante en las tres líneas celulares, mientras que la capacidad antiinflamatoria de la tinta se observó principalmente en la fracción EA. Esta evidencia subraya el efecto de los compuestos bioactivos naturales infrautilizados, como la tinta de *O. vulgaris*.

Palabras clave |

Antiinflamatoria,
antioxidante,
bioactividades,
pulpo común

ABSTRACT | Numerous studies have shown that squid and cuttlefish ink have antibacterial, anti-inflammatory, anticancer, neuroprotective, analgesic, and antimalarial properties. However, the biochemical and biological properties of ink from the common octopus *Octopus vulgaris* are still poorly defined. Therefore, the goal of this research is to evaluate the anti-inflammatory and antioxidant capacity of *O. vulgaris* ink in human lung fibroblasts (control) and in two cancer cell lines. For this, four fractions of the octopus ink were obtained: hexane (HX), ethyl acetate (EA), butanol (BT) and water-methanol (HM). The results of this investigation suggested the potential antioxidant and anti-inflammatory effect of the fractions extracted from octopus ink on cancer cell lines. The HX and EA fractions showed antioxidant activity in all three cell lines, while the anti-inflammatory capacity of the ink was observed mainly in the EA fraction. This evidence underscores the effect of underutilized natural bioactive compounds, such as *O. vulgaris* ink.

Keywords |

Anti-inflammatory,
antioxidant,
bioactivities,
common octopus

INTRODUCCIÓN

Los moluscos constituyen una parte importante de los productos marinos. Durante siglos han sido utilizados por los humanos como tintes, conchas, adornos, monedas y por sus valores nutritivos (Herbert *et al.*, 2003; Joy y Chakraborty, 2017). Asimismo, los moluscos marinos se han considerado parte vital de la medicina tradicional y se han utilizado como fuentes de productos de importancia medicinal por diversas culturas alrededor del mundo (Khan y Liu, 2019).

En las últimas décadas se han incrementado las actividades biológicas y los metabolitos secundarios descritos a partir de extractos de moluscos (Cimino y Gavagnin, 2006). Estos se han utilizado en ensayos clínicos para el tratamiento de diversas enfermedades (Simmons *et al.*, 2005). Por ejemplo, la tinta de calamares y sepias ha sido objeto investigaciones debido a sus propiedades antibacterianas, inmunomoduladoras, antiinflamatorias, anticancerígenas, neuroprotectoras, analgésicas y antipalúdicas (Russo *et al.*, 2003; Huang *et al.*, 2011; Fahmy and Solimán, 2013). Sin embargo, considerando la amplia literatura acerca de la tinta de moluscos, las propiedades bioquímicas y biológicas de la tinta del pulpo común, *Octopus vulgaris*, aún están poco definidas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad antiinflamatoria y antioxidante de la tinta de *O. vulgaris* en líneas celulares de fibroblastos de pulmón humano (HPF) y en dos líneas celulares cancerígenas (A549 y B16F10).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Las muestras de *Octopus vulgaris* fueron capturadas por la “Cofradía de Pescadores” del puerto de Motril, Granada, España. Las muestras fueron transportadas al laboratorio, previa congelación, del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

Tratamiento de muestras y preparación de extractos de tinta

Las 20 muestras de pulpo fueron diseccionadas para extraer los sacos de tinta y se siguió la metodología descrita por Ebada *et al.* (2008). Después de extraer la tinta de los sacos, se homogeneizaron con 1 mL de agua destilada y se conservaron a -20°C . Las muestras se liofilizaron durante 24 horas (Liofilizador Labconco Corporation, Kansas City, MO, EE. UU.) se deslipidaron con acetona y metanol y se evaporaron en una corriente de nitrógeno. Estas mezclas secas se prepararon para obtener cuatro extractos; uno con H_2O destilada-metanol (HM) y los otros tres con disolventes orgánicos: n-hexano (HX), etilacetato (EA) y butanol (BU). Las fracciones se evaporaron nuevamente con una corriente de nitrógeno y se agregaron 200 μL de dimetilsulfóxido (DMSO) para calcular las concentraciones de soluto presentes en cada muestra. Finalmente, las muestras con concentraciones similares se agruparon para obtener tres muestras finales de cada una de las fracciones, las cuales se almacenaron a 4°C .

Líneas celulares

Se utilizaron tres líneas celulares: A549 (células de carcinoma de pulmón humano), HPF (fibroblastos de pulmón humano) y B16F10 (células de melanoma de ratón). Estas fueron proporcionadas por el Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la Universidad de Granada. Las células se cultivaron en medio RPMI complementado con suero bovino fetal activado por calor (FBS) al 10 % y estreptomicina/penicilina al 1 %. Las células se incubaron a 37°C en una estufa de CO_2 con 95 % de humedad y 5 % de CO_2 hasta la confluencia.

Ensayo de estrés oxidativo

El método se basa en el uso de dihidroetidio (DHE), un reactivo capaz de atravesar la membrana celular e interactuar con los aniones superóxido, un tipo de especie de oxígeno reactivo (ROS). En este proceso, el DHE se oxida para formar bromuro de etidio, un agente de intercalante de ADN detectable por su emisión de fluorescencia. Esto permite distinguir dos poblaciones celulares, las

que expresan niveles significativos de ROS (ROS+) y las que no (ROS-). Para ello, se utilizó el kit de estrés oxidativo Muse TM adquirido de Millipore (Billerica, MA, EE. UU.).

En este ensayo se usaron un control positivo y uno negativo. Como control positivo se utilizó cada línea celular junto con un oxidante, peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y el control negativo corresponde únicamente a células.

Ensayo de inflamación

El método utilizado para la detección de nitritos fue el método de Griess que se basa en el uso de dos reactivos en condiciones ácidas: 1 % de sulfanilamida en 5 % de H₃PO₄ y 0.1 % de NED (N-1-naftetilendiamina), que dará lugar, si reacciona con NO₂, a un compuesto coloreado, cuyo pico de absorción fue de 548 nm. Se sembraron 2×10⁴ células por pocillo en placas de 96 pocillos en un volumen final de 200 µL durante 24 h, utilizando diferentes condiciones: control negativo (solo células), control positivo (células y LPS a 0.1 µg ml L⁻¹) y células tratadas con las diferentes fracciones, todas estimuladas con lipopolisacárido LPS (0.1 µg mL⁻¹).

Finalmente, se colocaron 150 µL del sobrenadante en cada pozo y se agregaron 25 µL de sulfanilamida y 25 µL de NED. Se incubó a temperatura ambiente durante 20 minutos y se midió la absorbancia a 548 nm. Los valores de concentración de nitritos obtenidos se utilizaron para calcular el porcentaje de células inflamatorias, considerando 100 % como el valor dado por las células del control negativo (Finkel, 2000).

Análisis estadístico

La normalidad y la homogeneidad de las varianzas se evaluaron mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar (DE). La significación estadística entre los grupos se determinó mediante la prueba t-student. Se consideraron significativos valores de p<0.05. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software IBM SPSS Statistics (IBM®, versión 22.0).

RESULTADOS

Estrés oxidativo

Las líneas celulares A549, HPF y B16F10 mostraron un aumento significativo (p<0.05) en el porcentaje de ROS+ en todas las fracciones estresadas con H₂O₂ con respecto al control negativo.

Asimismo, las fracciones que no fueron estresadas con peróxido de hidrógeno fueron similares al control negativo en todas las líneas celulares (Fig. 1 A, B y C).

Por otro lado, en las células A549 se observó una disminución significativa del porcentaje de de ROS+ en las fracciones HX+H₂O₂, BT+H₂O₂ y EA+H₂O₂ con respecto al control positivo. Mientras que en las células HPF y B16F10 se observó una disminución significativa del porcentaje de ROS+ en las fracciones HX+H₂O₂ y EA+H₂O₂ con respecto al control positivo.

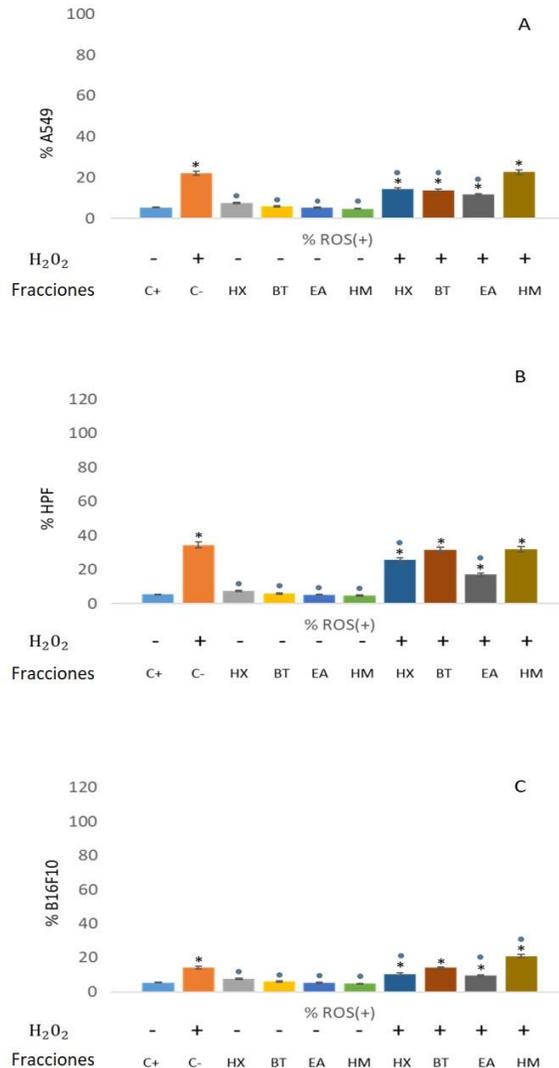


Figura 1. Porcentaje de ROS(+) para las líneas celulares A569, HPF y B16F10 incubadas con hexano (HX), butanol (BT), etilacetato (EA) y H₂O-metanol (HM). Los asteriscos y los puntos indican diferencias significativas con el control negativo y positivo respectivamente.

Inflamación

La línea celular A549 mostró un porcentaje similar de nitritos en todas las fracciones, siendo estos significativamente iguales al control negativo ($p > 0.05$; Fig. 2A). En esta línea celular hubo un aumento significativo de nitritos en el control positivo con respecto al negativo ($p < 0.05$; Fig. 2 A).

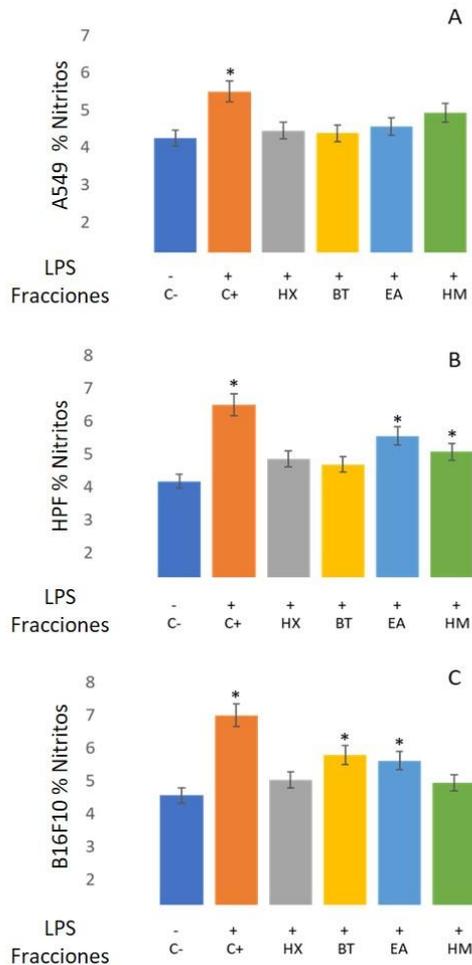


Figura 2. Porcentaje de nitritos en medio de cultivo para las líneas celulares A569, HPF y B16F10 incubadas con Hexano (HX), Butanol (BT), Acetato de Etilo (EA) y H₂O-Metanol (HM). Los asteriscos indican diferencias significativas con el control negativo.

En la línea celular HPF el porcentaje de nitritos aumentó significativamente en las fracciones EA y HM con respecto al control negativo ($p < 0,05$; Fig. 2 B). Asimismo, en la línea celular B16F10 el porcentaje de nitritos aumentó significativamente en las fracciones BT y EA con respecto al control negativo ($p < 0,05$; Fig. 2C).

DISCUSIÓN

Este estudio destaca la actividad antioxidante y antiinflamatoria de cuatro fracciones extraídas de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris*. Se observó un efecto antioxidante en las fracciones HX y EA en las tres líneas celulares. Fahmy *et al.* (2014) evaluaron la capacidad antioxidante de extractos de tinta de dos moluscos, *S. officinalis* y *Coelatura aegyptiaca*, realizaron ensayos con 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y determinaron que la tinta de *S. officinalis* mostraba una actividad de eliminación de radicales dependiente de la dosis. Este efecto podría estar relacionado con la taurina, un aminoácido que contiene azufre y tiene propiedades antioxidantes. Este aminoácido también se encuentra en la tinta de *O. vulgaris*, lo que podría demostrar su posible propiedad antioxidante.

Asimismo, respecto a la capacidad antiinflamatoria de la tinta en la línea celular A549, no se observó ningún efecto. Sin embargo, en la línea celular HPF esta capacidad se mostró por las fracciones EA y HM, mientras que en la línea B16F10 por las fracciones BT y EA.

Hernández-Zazueta *et al.* (2021) evaluaron el efecto antiinflamatorio de extractos de tinta de *O. vulgaris* en células mononucleares de sangre periférica (PBMC) y en la línea celular murina (RAW 264.7). Estos autores utilizaron la misma metodología que en este estudio y, en línea con nuestros resultados, encontraron que la tinta tenía un efecto antiinflamatorio en las células RAW 264.7 estimuladas por LPS, reduciendo la producción de nitritos y regulando al alza las citocinas antiinflamatorias. Esta propiedad podría deberse a la presencia de ácidos grasos en los extractos de tinta del pulpo.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación sugieren el potencial efecto antioxidante y antiinflamatorio de las fracciones extraídas de la tinta del pulpo en líneas celulares cancerígenas. La doble función de antioxidante y antiinflamatoria es de interés para desarrollar medicamentos contra el cáncer a

partir de la tinta de *O. vulgaris*. Esta evidencia subraya el efecto beneficioso de los compuestos bioactivos naturales infrautilizados, como la tinta de *O. vulgaris*.

AGRADECIMIENTOS

CEIMAR: CEIJ011 "Estudio de las propiedades biomédicas de la tinta del pulpo común (*Octopus vulgaris*) en la costa granadina". Ayudas a proyectos de transferencia de conocimiento e innovación empresarial en el ámbito de la economía azul. CEI MAR 2019.

REFERENCIAS

- Cimino, G., & Gavagnin, M. (2006). Molluscs: Progress in molecular and subcellular biology subseries marine molecular biochemistry. Heidelberg: Springer-Verlag, Berlin 387.
- Ebada SS, Edrada RA, Lin W, Proksch P. (2008) Methods for isolation, purification and structural elucidation of bioactive secondary metabolites from marine invertebrates. Nat Protoc.; 3(12):1820-31.
- Fahmy, S. R., Soliman, A. M. & Ali, E. M. (2014). Antifungal and Antihepatotoxic Effects of Sepia Ink Extract against Oxidative Stress as a Risk Factor of Invasive Pulmonary Aspergillosis in Neutropenic Mice. African J. Tradit. Complement. Altern. Med. 11, 148–159.
- Finkel T, Holbrook NJ. (2000) Oxidants, Oxidative Stress and Biology of Ageing. Insight Rev Artic. 408:239-47.
- Herbert, D. G., Hamer, M. L., Mander, M., Mkhize, N., & Prins, F. (2003). Invertebrate animals as a component of the traditional medicine trade in KwaZulu-Natal, South Africa. African Invertebrates, 44(2), 327–344.
- Hernández-Zazueta, M. S. Luzardo-Ocampo, I., García-Romo, J. S., Noguera-Artiaga, L., Carbonell-Barrachina, Á. A., Taboada-Antelo, P., & Burgos-Hernández, A. (2021) Bioactive compounds from *Octopus vulgaris* ink extracts exerted anti-proliferative and anti-inflammatory effects in vitro. Food Chem. Toxicol. 151.
- Huang, F. Yang, Z., Yu, D., Wang, J., Li, R., & Ding, G. (2012) Sepia ink oligopeptide induces apoptosis in prostate cancer cell lines via caspase-3 activation and elevation of Bax/Bcl-2 ratio. Mar. Drugs 10, 2153–2165.
- Joy, M., & Chakraborty, K. (2017). An unprecedented antioxidative isopimarane norditerpenoid from bivalve clam, *Paphia malabarica* with anti-cyclooxygenase and lipoxygenase potential. Pharmaceutical Biology, 55(1), 819–824.
- Khan, B. M., & Liu, Y. (2019). Marine mollusks: Food with benefits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(2), 548–564.

- Russo, G. L. De Nisco, E., Fiore, G., Di Donato, P., d'Ischia, M., & Palumbo, A. (2003). Toxicity of melanin-free ink of *Sepia officinalis* to transformed cell lines: Identification of the active factor as tyrosinase. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 308, 293–299.
- Simmons, T. L., Andrianasolo, E., McPhail, K., Flatt, P., & Gerwick, W. H. (2005). Marine natural products as anticancer drugs. *Molecular Cancer Therapeutics*, 4(2), 333–342.



Potencial antiproliferativo de compuestos extraídos de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris*

Antiproliferative potential of compounds extracted from common octopus ink *Octopus vulgaris*

Marta Ramos-Barbero^{1*}, Laura María Pantoja Echevarría²,
Carlos Alor Luna¹, Eva Encarnación Rufino Palomares¹,
Cristina E. Trenzado³, Amalia Pérez²

¹Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España,

² Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España,

³Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España.

Marta Ramos-Barbero   ramosb@correo.ugr.es

RESUMEN | Actualmente se conoce la composición bioquímica de la tinta de algunos cefalópodos, entre ellos distintas especies de sepia y calamar. Sin embargo, aún es escasa la bibliografía sobre las características bioactivas de la tinta del pulpo común. Las actuales tecnologías nos permiten identificar y extraer cada uno de los compuestos de esta tinta, para su posterior caracterización. Dentro del conjunto de propiedades bioactivas, una de las más estudiadas es aquella relacionada con la capacidad antiproliferativa por su potencial terapéutico. En el presente estudio, se evaluaron las propiedades antiproliferativas de la tinta del pulpo común (*Octopus vulgaris*). Para ello se obtuvieron cuatro fracciones de la tinta del pulpo: hexano (HX), etilacetato (EA), butanol (BT) y agua-metanol (HM). Con las fracciones se llevaron a cabo ensayos de viabilidad celular, apoptosis y ciclo celular en tres líneas celulares, dos de ellas cancerígenas (B16F10 y A549) y una sana (HPF). Se observaron efectos citotóxicos en A549 y HPF, pero no en B16F10; sin embargo, todas las líneas celulares presentaron una disminución gradual desde la fase G_0/G_1 hasta la fase G_2/M .

Palabras clave | Antiproliferativo, compuesto bioactivo, *Octopus vulgaris*, tinta.

ABSTRACT | The biochemical composition of the ink of some cephalopods, including different species of cuttlefish and squid, is known. However, there is still little literature on the bioactive characteristics of the ink of the common octopus. Current technologies allow us to identify and extract each of the compounds of this ink for subsequent characterization. Within the set of bioactive properties, one of the most studied is related to its antiproliferative capacity for its therapeutic potential. In the present study, the antiproliferative properties of the ink of the common octopus (*Octopus vulgaris*) were evaluated. For this purpose, four fractions were obtained from octopus's ink: hexane (HX), ethyl acetate (EA), butanol (BT) and water-methanol (HM). Cell viability, apoptosis and cell cycle assays were carried out with the fractions on three cell lines, two of them cancerous (B16F10 and A549) and one healthy (HPF). Cytotoxic effects were observed in A549 and HPF, but not in B16F10; however, all cell lines showed a gradual decline from G_0/G_1 to G_2/M phase.

Keywords | Antiproliferative, bioactive compound, ink, *Octopus vulgaris*.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad se han usado biomateriales marinos para diversos fines, sin embargo, el aumento de tecnología y procesamiento actual nos brinda la oportunidad de procesar estos biomateriales de una manera más eficiente (Khunyk *et al.*, 2020).

El entorno marino está formado por compuestos muy variables con una gama amplia de bioactividades, proporcionando constituyentes estructuralmente únicos y multitud de posibilidades en el ámbito de la medicina, gracias a sus efectos antibacterianos, inmunomoduladores, antifúngicos, y sus propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas, antimicrobianas, neuroprotectoras, analgésicas y antipalúdicas (Malve *et al.*, 2016; Fahmy *et al.*, 2014).

El aumento de investigaciones con fin terapéutico en este ámbito, han llevado a delimitar los pasos a seguir desde la recogida de la muestra biológica hasta la obtención del compuesto con fines terapéuticos, entre los que se incluyen el aislamiento e identificación, ensayos de bioactividad, ensayos de eficiencia, efectividad y seguridad (Gallimore, 2017).

Los objetivos del presente estudio fueron aislar, extraer y caracterizar los productos potencialmente bioactivos de la tinta del pulpo común (*Octopus vulgaris*), y conocer si estos subproductos obtenidos de la tinta del pulpo tenían propiedades beneficiosas para la salud humana. Para ello se realizaron estudios de viabilidad celular, apoptosis y ciclo celular de los mismos en diferentes líneas celulares

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico

Octopus vulgaris fue capturado por la Cofradía de Pescadores del Puerto de Motril, Granada, España, siendo transportado al laboratorio, previa congelación, del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

Tratamiento de muestras y preparación de los extractos de tinta

La tinta se extrajo de los sacos de pulpo de acuerdo con la metodología reportada por Ebada *et al.* (2008). Se obtuvieron 20 sacos de tinta. Tras la extracción de la tinta, se homogeneizaron las muestras con 1 mL de agua destilada, y se congelaron a -20 °C. Posteriormente, la mezcla se liofilizó durante 24 horas en un liofilizador Labconco (Labconco Corporation, Kansas City, MO, EE. UU.). Las muestras fueron sometidas a ciclos de deslipidación empleando acetona y metanol, y posteriormente evaporadas a partir de una corriente de nitrógeno. Esta mezcla seca se preparó para obtener los cuatro extractos; uno con agua destilada-metanol (HM) y los otros tres con solventes orgánicos: n-hexano (HX), etilacetato (EA) y butanol (BU). Una vez aisladas las fracciones se evaporaron nuevamente con una corriente de nitrógeno, para posteriormente añadir 200 µL dimetilsulfóxido (DMSO) y calcular las concentraciones de soluto presentes en cada muestra. Finalmente, se unieron las muestras con concentraciones similares para obtener tres suspensiones finales de cada una de las fracciones, las cuales fueron conservadas a 4°C.

Evaluación del potencial antiproliferativo

Las líneas celulares utilizadas fueron células de pulmón de carcinoma humano A549, fibroblastos de pulmón humano HPF y células de melanoma de ratón B16F10, proporcionadas por el “Centro de Instrumentación Científica” (CIC) de la Universidad de Granada. Las células se cultivaron en medio RPMI, suplementado con suero fetal bovino (FBS) previamente activado por calor al 10% y estreptomycin/penicilina al 1%. Las células se incubaron a 37°C en una estufa de CO₂ al 95% de humedad y 5% de CO₂ hasta la confluencia.

Ensayo MTT

El efecto antiproliferativo de las cuatro fracciones de tinta se determinó mediante el ensayo colorimétrico MTT según Pérez-Jiménez *et al.* (2016). Las tres líneas celulares fueron sembradas en placas de 96 pocillos a una concentración de 20.000 células/pocillo en 100 µL de medio y se dejaron crecer (24h, 37°C). Luego de la adherencia de las células dentro de las 24 h de incubación,

se agregaron los extractos de tinta a concentraciones crecientes de 0 a 800 mg/mL, empleando cuatro réplicas de cada fracción aislada y mantenidos durante 24, 48 y 72 h. Se añadieron 20 µL de MTT a 0.5 mg/mL de concentración final en cada pocillo. Tras de 2 horas de incubación a 37°C, y se añadieron 100 µL de DMSO para solubilizar la sal de formazán. Las placas se leyeron utilizando un lector de placas ELISA (Bio-tek®, Winooski, VT, EE. UU.) a una longitud de onda de referencia de 570 nm. La viabilidad celular se calculó considerando la fórmula: %viabilidad celular=(A0-AT) / AO x 100, donde AO es la absorbancia control (100% viabilidad celular) y AT es la absorbancia de las células tratadas a diferentes concentraciones de las fracciones.

Evaluación del ciclo celular

El porcentaje de células en cada fase del ciclo celular se midió por citometría de flujo con “Muse TM Cell Cycle Kit” adquirido de Millipore (Billerica, MA, USA). Previamente se sembraron 2x10⁵ células por pocillo en placas de 24 pocillos para cada línea celular. Tras 24 horas de adhesión, se añadieron cuatro réplicas de las diferentes fracciones extraídas a una concentración de 800 µg/mL y se incubaron 24h más. Se separaron en grupos diferentes: poblaciones control negativo HPF, A549 y B16F10, y poblaciones negativo HPF, A549 y B16F10 tratadas con la concentración correspondiente a las fracciones durante 24 h.

Las muestras se analizaron en el Muse TM Cell Analyzer (Merck-Millipore®, Burlington, MA, EE. UU.). El método se basa en el análisis del ciclo celular gracias a la discriminación de tres poblaciones: células en fase G0/G1, S o G2/M.

Ensayo de apoptosis

La fosfatidilserina (PS) es un fosfolípido que generalmente se encuentra en la mitad interna de la membrana citoplasmática, pero se externaliza cuando se produce una pérdida de integridad en el proceso de apoptosis. El método se basa en el reconocimiento y unión a la PS expuesta por parte de la proteína anexina V, marcada con una sustancia fluorescente para poder detectar dicha interacción y cuantificarla. Se empleó el Muse™ Annexin V & Dead Cell kit, que proporciona el porcentaje de células viables, en apoptosis y muertas por necrosis. Como control positivo se incubaron las células con doxorubicina (1µg/mL). El control negativo se corresponde únicamente a las células. Finalmente, se añadió 100 µL de PBS y se midió en el equipo Muse™ Cell Analyzer.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como media ± error estándar de la media (SEM). Asimismo, el estudio de la diferencia estadística entre los grupos de datos se realizó mediante el análisis de la

varianza de dos vías (ANOVA de dos vías). Cuando hubo interacciones entre los factores analizados, se utilizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA de una vía) seguido de la prueba de Tukey. Las diferencias se consideraron significativas para valores de $p < 0,05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software IBM SPSS Statistics (IBM®, versión 22.0).

RESULTADOS

Los resultados de viabilidad obtenidos se representaron en porcentaje (%) con respecto a las diferentes concentraciones de fracciones administradas (en $\mu\text{g/mL}$). En general, la viabilidad celular mostró un comportamiento dependiente de la dosis, siendo mayor a una concentración de 800 $\mu\text{g/mL}$.

En la línea celular A549 se obtuvo un mayor efecto citotóxico con la fracción HX, seguida de las fracciones EA y BT. Por el contrario, las fracciones HM mostraron un efecto citotóxico mínimo (Fig. 1A).

En la línea celular HPF se observó un elevado efecto citotóxico para la fracción HX. Además, las fracciones BT y EA también mostraron un marcado efecto citotóxico. Además, los valores asociados a la fracción HM fueron los que menos efecto citotóxico presentaron (Fig. 1B). La fracción HX a la dosis de ensayo más alta (800 $\mu\text{g/mL}$) consiguió acercarse al valor IC50.

En la línea celular B16F10 no se observa efecto citotóxico para ninguna de las fracciones. Sin embargo, la fracción BU presentó el menor porcentaje de viabilidad celular (Fig. 1C).

La línea A549 mostró un mayor porcentaje de células viables en todas las fracciones, que fueron significativamente inferiores al control negativo ($p < 0,05$). Asimismo, todas las fracciones presentaron un incremento en el porcentaje de células apoptóticas en comparación con el control negativo (Fig 1A).

Por otro lado, en las células HPF, las fracciones HX y BT tuvieron el mayor porcentaje de células viables con respecto a las otras dos fracciones, siendo sin embargo los porcentajes de las cuatro fracciones significativamente menores con el control negativo ($p < 0,05$). Las fracciones HX y BT también mostraron el mayor porcentaje de células necrosadas. Asimismo, la fracción HM presentó el mayor porcentaje de células apoptóticas con respecto al control negativo ($p < 0,05$, Fig. 1 B).

En la línea celular B16F10, todas las fracciones aumentaron significativamente el número de células apoptóticas con respecto al control negativo ($p < 0,05$). En consecuencia, el porcentaje de

células viables se redujo para la fracción HX y en menor medida para las otras fracciones. La fracción HM mostró una mayor tasa de necrosis con respecto al control negativo ($p < 0,05$; Fig 1C).

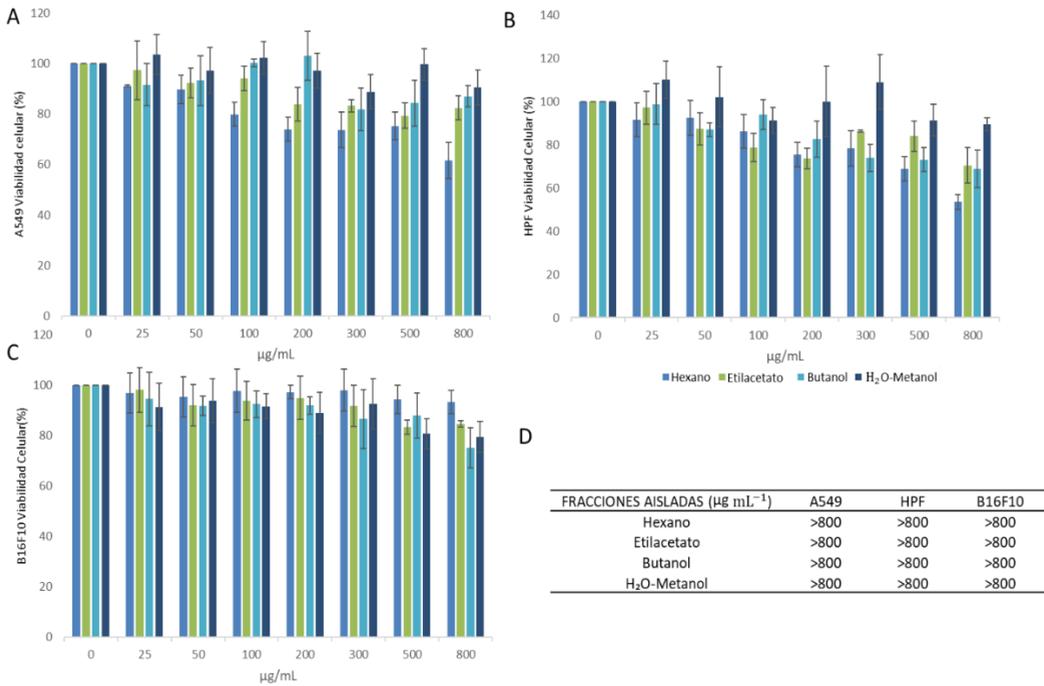


Figura 1. Efecto de las fracciones de Hexano (HX), Etilacetato (EA), Butanol (BT) y H₂O-Metanol (HM) sobre la viabilidad celular en **A)** A549, **B)** HPF y **C)** B16F10. En **D)** se muestran las concentraciones significativas de viabilidad para cada línea celular.

En la línea celular de cáncer A549, el porcentaje de células sufrió una disminución gradual desde la fase G0/G1 hasta la fase G2/M. Se encontraron diferencias significativas entre las fracciones EA y BU y el control negativo ($p < 0,05$; Fig 2A).

En las células HPF y B16F10, la mayoría de las células se encuentran en la fase G0/G1, seguida de la fase S y G2/M (Fig 2 B y C). En HPF se encontraron diferencias significativas entre la fracción EA y el control negativo (Fig. 2 B). Mientras que en B16F10 se encontraron diferencias significativas entre la fracción HX en todo el ciclo celular y el control negativo, y la fracción BT en la fase S y el control negativo ($p < 0,05$; Fig 2C).

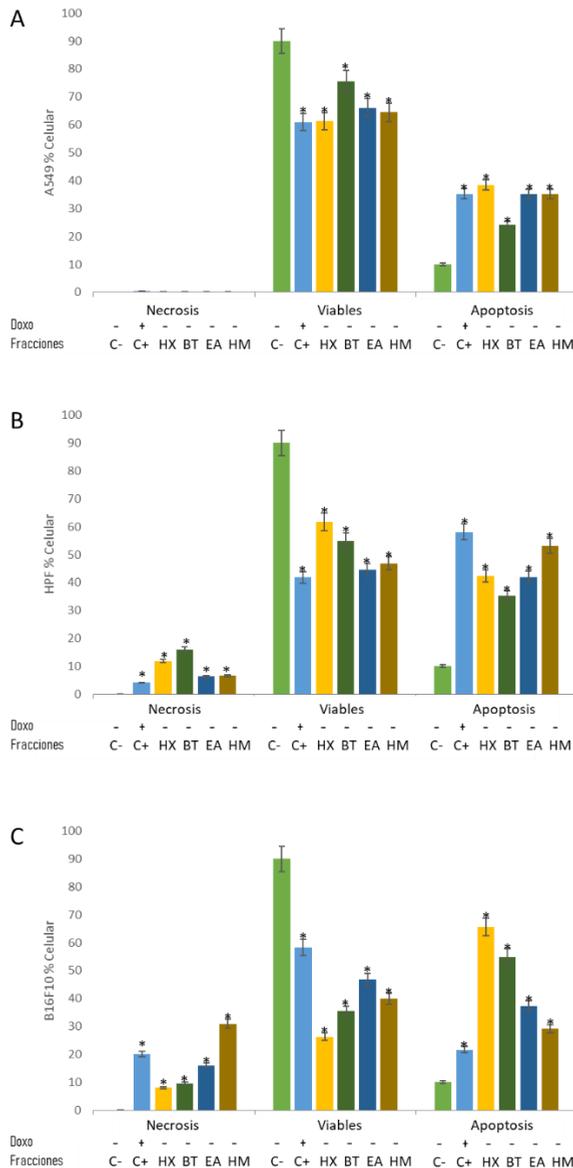


Figura 2. Porcentaje de células en necrosis, viables y en apoptosis para A) A549, B) HPF y C) B16F10 incubadas con fracciones de Hexano (HX), Etilacetato (EA), Butanol (BT) y H₂O-Metanol (HM). Los asteriscos indican diferencias significativas (p<0,05) entre el grupo control y los diferentes tratamientos.

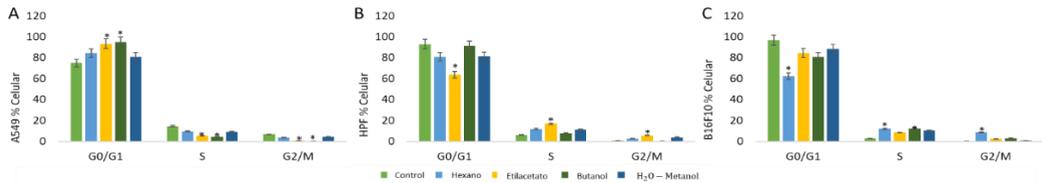


Figura 3. Porcentaje de células en las fases G0/G1, S y G2/M del ciclo celular para A) A549, B) HPF y C) B16F10 incubadas con fracciones de Hexano (HX), Etilacetato (EA), Butanol (BT) y H₂O-Metanol (HM). Los asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el grupo control y los diferentes tratamientos.

DISCUSIÓN

La tinta de los cefalópodos, incluido *Octopus vulgaris*, es una fuente potencial de compuestos antiinflamatorios con efecto antiproliferativo. Moléculas biológicamente activas presentes en la tinta del pulpo podrían derivar en beneficios para la salud humana (Derby *et al*, 2014).

En este estudio se aislaron cuatro fracciones de la tinta del pulpo común usando disolventes orgánicos para separar los diferentes compuestos bioactivos según su polaridad. Hay que tener en cuenta que la estandarización del procedimiento de obtención de tinta a partir de productos marinos es crucial para extraer tinta de alta calidad sin afectar la composición química de la misma, ya que se ha informado de cómo el método de recolección puede afectar a la cantidad de componentes que posteriormente se encuentran (Madaras *et al.*, 2010). Esta investigación siguió un proceso estandarizado para obtener los extractos de tinta, y usando solventes con diferentes afinidades químicas para extraer los compuestos.

Tras el ensayo de citotoxicidad se observó un incremento del efecto citotóxico en la fracción de HX en las líneas celulares A549 y HPF, pero no en las B16F10. Adicionalmente, este incremento estuvo presente en la fracción de BT en las células HPF, además de ser mayor su citotoxicidad, lo que indica un efecto citotóxico no selectivo. Por otra parte, la fracción de HM produjo un porcentaje citotóxico menor a las demás fracciones. En un estudio realizado por Hernández-Zazueta *et al* (2021), en el que tuvieron como objetivo evaluar efectos antiproliferativos y antiinflamatorios de extractos de la tinta del pulpo común (hexano, etilacetato, diclorometano y extractos de agua) en células de cáncer colorrectal humano (HT-29/HCT116) y cáncer de mama (MDA-MB-231). Encontraron que todos los extractos exhibieron efectos antiproliferativos sin ser citotóxicos para las células, excepto el etilacetato. Estos autores sugieren una posible función dual inmunomoduladora y antiproliferativa.

Los ensayos de tinción con anexina V revelaron que la tinta de pulpo producía un efecto proapoptótico mayor en la fracción de HX en A549 y B16F10, seguido de las fracciones BT y HM con respecto a la doxorubicina, en las células B16F10. Fangfang *et al.* (2012) revelaron que la tinta de *Sepia esculenta* inducía la apoptosis en células DU-145, PC-3 y LNCaP. Las células DU-145 y PC-3 tratadas con SIO mostraron la morfología celular apoptótica típica. Además, el porcentaje de células DU-145, PC-3 y LNCaP apoptóticas tempranas aumentó al 38,26 %, 39,96 % y 16,11 %, respectivamente. Otras investigaciones han demostrado cómo la tirosina, enzima presente en la tinta de *Sepia esculenta*, inducía una apoptosis irreversible en células cancerígenas PC12 (Russo *et al.*, 2003). Esta enzima está presente en la tinta de *Octopus vulgaris*, por lo que en futuros estudios podrían investigarse los efectos de esta enzima en diferentes líneas cancerígenas.

Adicionalmente, nuestros resultados sugieren que la tinta podría alterar el ciclo celular de las líneas celulares estudiadas. Las fracciones de etilacetato y butanol detuvieron el ciclo celular en la fase G0/G1 en las células A549. En contraste, en la línea B16F10 la fracción de hexano mostró una detención del ciclo celular en la fase S y en menor medida en la fase G2/M. Esto podría indicar un posible efecto antiproliferativo de la tinta en estas dos líneas celulares. Otros autores han demostrado la capacidad de la tinta de *Sepia esculenta* para inhibir la proliferación de líneas de cáncer de próstata (DU-145, PC-3 y LNCaP). Observaron una detención del ciclo celular en S y G2/M de forma dependiente de la dosis en DU-145 y LNCaP, y en la fase G0/G1 en PC-3. Además, observaron que la exposición a la tinta disminuía la expresión de proteínas antiapoptóticas Bcl-2 y aumentaba la expresión de la proteína apoptótica Bax (Huang *et al.* (2012).

CONCLUSIONES

La tinta del pulpo común ha revelado efectos citotóxicos, antiproliferativos y antiapoptóticos en las líneas cancerígenas estudiadas A549 y B16F10. Este hecho es interesante por su posible participación en el desarrollo de fármacos a partir de productos naturales y por su posible participación en efectos anticancerígenos.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por CEIMAR gracias al proyecto con referencia CEIJ 011 “Estudio de las propiedades biomédicas de la tinta del pulpo común (*Octopus vulgaris*) de la costa granadina”. Ayudas a proyectos de transferencia del conocimiento e innovación empresarial en el ámbito de la economía azul CEI·MAR 2019.

REFERENCIAS

- Derby, C. D. (2014) Cephalopod Ink: Production, Chemistry, Functions and Applications. *Marine Drugs*, 12(5): 2700.
- Ebada SS, Edrada RA, Lin W, Proksch P. (2008). Methods for isolation, purification and structural elucidation of bioactive secondary metabolites from marine invertebrates. *Nature protocols*, 3(12): 1820–1831.
- Fahmy, S. R. and Soliman, A. M. (2013). *In vitro* antioxidant, analgesic and cytotoxic activities of *Sepia officinalis* ink and *Coelatura aegyptiaca* extracts. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 7(22).
- Gallimore, W. (2017). Marine Metabolites: Oceans of Opportunity. *Pharmacognosy*, 377.
- Hernández-Zazueta, Martín S. *et al.* (2021). Bioactive compounds from *Octopus vulgaris* ink extracts exerted anti-proliferative and anti-inflammatory effects in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, 151.
- Hernández-Zazueta MS, García-Romo JS, Noguera-Artiaga L, Luzardo-Ocampo I, Carbonell-Barrachina ÁA, Taboada-Antelo P, Campos-Vega R, Rosas-Burgos EC, Burboa-Zazueta MG, Ezquerro-Brauer JM, Martínez-Soto JM, Santacruz-Ortega HDC, Burgos-Hernández A. (2021). *Octopus vulgaris* ink extracts exhibit antioxidant, antimutagenic, cytoprotective, antiproliferative, and proapoptotic effects in selected human cancer cell lines. *Journal of Food Science*, 86(2): 587–601.
- Huang F, Yang Z, Yu D, Wang J, Li R, Ding G. (2012). *Sepia* ink oligopeptide induces apoptosis in prostate cancer cell lines via caspase-3 activation and elevation of Bax/Bcl-2 ratio. *Marine Drugs*, 10(10): 2153–2165.
- Khrunyk, Y. *et al.* (2020). Progress in Modern Marine Biomaterials Research. *Marine Drugs*, 18(12): 589.
- Malve, H. (2016). Exploring the ocean for new drug developments: Marine pharmacology. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 8(2): 83–91.
- Pérez-Jiménez A, Rufino-Palomares EE, Fernández-Gallego N, Ortuño-Costela MC, Reyes-Zurita FJ, Peragón J, García-Salguero L, Mokhtari K, Medina PP, Lupiáñez JA. (2016). Target molecules in 3T3-L1 adipocytes differentiation are regulated by maslinic acid, a natural triterpene from *Olea europaea*. *Phytomedicine*, 23(12): 1301–1311.
- Russo GL, De Nisco E, Fiore G, Di Donato P, d'Ischia M, Palumbo A. (2003). Toxicity of melanin-free ink of *Sepia officinalis* to transformed cell lines: Identification of the active factor as tyrosinase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 308(2): 293–299.

Hidrólisis ácida de la quitina extraída de harina de cabezas de langosta precocida

Acid hidrólisis of chitin extracted from flour of precooked lobster heads

Yilma M. Estrada Hernández^{1*}, Caridad Curbelo Hernández², Oxalis Rodríguez Martínez¹, Lilian Castillo López¹, Yeniset Fumero Acosta¹, Raquel Silveira Coffigny¹

¹Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 No. 503 e/ 5ta. Ave. y Mar, Santa Fe, Playa. La Habana, Cuba,

²Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría". Calle 114 No.11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao. La Habana, Cuba.

Yilma M. Estrada Hernández   yilmaestrada@gmail.com

RESUMEN | El exoesqueleto de cabeza de langosta precocida constituye un recurso pesquero con amplias potencialidades para la obtención de aditivos alimentarios. En Cuba a este residuo no se le da ningún uso. Como una alternativa de aprovechamiento se propone la obtención del clorhidrato de glucosamina por hidrólisis ácida de la quitina derivada del exoesqueleto de cabeza de langosta precocida a escala de laboratorio. Se efectuó el acondicionamiento de la materia prima mediante la limpieza manual, lavado, secado, trituración y molienda. Se procedió a la obtención de quitina, siguiendo el protocolo de desproteínización, blanqueo y desmineralización. Para la obtención de glucosamina se estudiaron como factores la concentración de ácido clorhídrico (3; 4 mol/L) y el tiempo de reacción: 75 y 90 minutos y como variable respuesta el rendimiento. Se realizó el procesamiento estadístico mediante el programa STATGRAPHIC Centurión 15. El rendimiento de obtención de quitina fue de $85,66 \pm 1,53$ y para la glucosamina de $85,52\% \pm 2,92$. Los mayores rendimientos de glucosamina se obtuvieron con una concentración de 4 mol/L y un tiempo de reacción de 90 minutos. Se comprobó la presencia de glucosamina en todas las corridas realizadas mediante el cambio de coloración del reactivo de Fehling. La transformación de este residuo contribuye al cuidado del medio ambiente, por su reutilización y la posibilidad de obtener un producto de valor agregado.

Palabras clave | cabezas de langosta precocida, exoesqueleto, glucosamina, hidrólisis ácida, quitina.

ABSTRACT | The precooked lobster head exoskeleton constitutes a fishery resource with great potential as a food additive. In Cuba, this waste is not used. As an alternative for use, it is proposed to obtain glucosamine hydrochloride by acid hydrolysis of chitin derived from the precooked lobster head exoskeleton on a laboratory scale. The conditioning of the raw material was carried out by manual cleaning, washing, drying, and crushing. Chitin was obtained, following the deproteinization, bleaching and demineralization protocol. To obtain glucosamine, the hydrochloric acid concentration (3; 4 mol / L) and the reaction time: 75 and 90 minutes were studied as factors, and the yield as a response variable. Statistical processing was performed using the STATGRAPHIC Centurion 15 program. The yield for obtaining chitin was 85.66 ± 1.53 and for glucosamine was $85.52\% \pm 2.92$. The highest glucosamine yields were obtained with a concentration of 4 mol / L and a reaction time of 90 minutes. The presence of glucosamine was verified in all the runs carried out by changing the color of the Fehling reagent. The transformation of this waste contributes to the care of the environment, by its reuse and the possibility of obtaining a product with added value.

Keywords | precooked lobster heads, exoskeleton, glucosamine, acid hydrolysis, chitin.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales de la sociedad se han ido incrementando a medida que los países avanzan en su desarrollo y en el implemento de nuevas tecnologías. Cada día surgen nuevas industrias que solo se preocupan en generar productos para el consumo humano, dejando a un lado la protección del hábitat (Martin, 2001).

La langosta común del Caribe (*Panulirus argus*) es una especie de crustáceo decápodo. Se distribuye desde Brasil a través del Caribe y el Golfo de México, hasta Islas Bermudas y las costas de Carolina del Norte (Holthius, 1991). En Cuba, la especie se distribuye a todo lo largo de la plataforma del archipiélago, pero es particularmente importante su abundancia en la región suroccidental, el también llamado Golfo de Batabanó, de donde se extrae el 76,8 % de la producción nacional por la empresa pesquera industrial Batabanó (de León, 2005).

La industria langostera expulsa al medio ambiente gran cantidad de desperdicios orgánicos que constituyen contaminantes. Cada langosta representa un 85,8 % de desechos y 14,2 % de producto comestible. Teniendo en cuenta que la quitina se extrae de los exoesqueletos de los crustáceos, considerar la obtención de la glucosamina utilizando como materia prima los desechos de langosta, constituye una alternativa que genera beneficios económicos y disminuye el impacto ambiental de la industria pesquera (Trujillo, 2001; Lárez, 2006).

La glucosamina se obtiene a partir de la quitina mediante hidrólisis ácida y se utiliza principalmente en la rama de la medicina, para las personas que padecen problemas en las articulaciones, debido a que cumple funciones importantes en el cuerpo humano. También es utilizada en la industria alimentaria, como por ejemplo en la elaboración de galletas de mantequilla tipo pastiscetas. La adición de glucosamina a estas galletas interfiere positivamente en los atributos de calidad mecánica, color y sensorial (Ramos, 2017).

El objetivo del presente trabajo fue obtener clorhidrato de glucosamina a escala de laboratorio mediante hidrólisis ácida de la quitina, a partir de cabezas de langosta precocida provenientes de la empresa pesquera industrial Batabanó.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en los laboratorios del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP) y la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE). Las cabezas de langosta precocida correspondientes al proceso de descole de langosta, fueron trasladadas en un camión refrigerado desde la UEB empresa pesquera industrial Batabanó ubicada en la provincia de Mayabeque y se mantuvieron congeladas hasta su utilización.

Pre procesamiento de la materia prima

Para obtener la harina de cabeza de langosta precocida (HCLP) se realizó la selección de la materia prima, limpieza manual, lavado, secado en una estufa a una temperatura de 50°C por un tiempo de 5 horas. Posteriormente se realizó la trituration de forma manual y la molienda en una batidora. Seguido de la operación de tamizado donde se obtuvo un tamaño de tamiz de 0,063 mm y almacenamiento en bolsas plásticas hasta su utilización.

Obtención de quitina

Para la obtención de quitina se realizaron dos corridas experimentales a partir de la HCLP. Se tomó como referencia la metodología descrita por Mackiff, (2016), donde se realizaron las siguientes etapas:

- a) Desproteínización: Se realizó con el propósito de retirar la mayor cantidad de proteína existente. Con ayuda de una balanza se pesaron 100 gramos de HCLP en un vaso de precipitación de 500 mL y se le agregó una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) al 3 % en una relación 1:3, a una temperatura de 80 °C en un baño termostático por un tiempo de 2 h con agitación

constante. Al cabo del tiempo previsto se filtró la solución con la ayuda de una bomba de vacío, utilizando un papel de filtro de tamaño de membrana de 90 mm.

b) Blanqueo: La pasta obtenida en la desproteínización debe ser blanqueada, proceso en el que se trató de eliminar la mayor cantidad posible de los pigmentos presentes, añadiendo una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 2,5 % por un periodo de 15 minutos, en una relación 1:3, a temperatura ambiente y agitación constante. Posteriormente, la solución fue filtrada con la ayuda de una bomba de vacío. Este proceso se repitió de 2 a 3 veces hasta que la pasta se decoloró lo suficiente.

c) Desmineralización: Luego de obtener la pasta decolorada, se añadió una solución de ácido clorhídrico (HCl) 1 mol/L en una relación 1:3 con agitación constante, a temperatura ambiente por una hora. Posteriormente, la solución fue filtrada con la ayuda de una bomba de vacío, y la fase sólida obtenida fue secada en una estufa a 60 °C por 3 h.

En cada una de las etapas descritas anteriormente después de la filtración se realizó el lavado de la torta sólida con agua destilada, para eliminar el resto de los reactivos químicos utilizados. Igualmente, fue pesada la torta sólida obtenida para determinar el rendimiento.

Obtención de glucosamina

Se realizaron 8 corridas empleando 10 g de quitina en cada una para un total de 80 g. El procedimiento que se empleó para la obtención de glucosamina fue el descrito en la patente US 6486307 “Preparación de clorhidrato de glucosamina” (Gandhi, 2002). Las etapas del procedimiento se enumeran a continuación:

a) Pre calentamiento del ácido clorhídrico con una concentración de 3 y 4 mol/L en un erlenmeyer de 100 mL hasta una temperatura aproximada de 65 °C.

b) Hidrólisis ácida de la quitina: En el erlenmeyer de 100 mL con el HCl previamente calentado se adicionaron lentamente 10 g de quitina y se continuó el calentamiento hasta llegar a 95 °C, a partir de este momento se comienza a cuantificar el tiempo de reacción, la relación sólida/líquido fue de 1:3; este proceso se realizó en un sistema a reflujo por un tiempo de 75 y 90 minutos.

c) Filtración: Esta operación se realizó con la ayuda de una bomba de vacío, utilizando un papel de filtro de tamaño de membrana de 90 mm. Se lavó 2 veces con el filtrado y se descartó el hidrolizado.

d) Secado y envasado: El producto obtenido se colocó en una estufa a 50 °C durante 4 h, y de esta forma se obtuvo el clorhidrato de glucosamina como producto final, que fue almacenado en cornis plásticos de 50 mL e identificado para su posterior caracterización.

Los rendimientos de quitina y glucosamina para cada experimento se determinaron mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Masa producto obtenida(g)}}{\text{Masa de HCLP (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Comprobación de la presencia química de azúcar reductor con el reactivo de Fehling a la glucosamina obtenida

a) Se pesaron 0,5 g de la glucosamina obtenida y se trasvasaron en un tubo de ensayo. Se agregaron 5 mL de la solución A (Sulfato cúprico cristalizado y agua destilada) y 5 mL de la solución B (sal de Seignette, hidróxido de aluminio y agua), estas dos soluciones conforman el reactivo de Fehling. Se introdujo el tubo de ensayo en el baño de agua a 70 °C aproximadamente para dar comienzo a la reacción que identifica la presencia de azúcares. Finalmente, se observó cambio de coloración. Considerando que hay presencia de azúcares cuando ocurre un cambio de color del medio de azul a rojo ladrillo, (Fehling, 1848).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurión 15, a través del cual se comprobó si las variables independientes tiempo y concentración de ácido clorhídrico tienen influencia significativa en la cantidad de glucosamina obtenida. En la tabla 1 se muestran las características del diseño experimental.

Tabla 1. Condiciones del diseño estadístico

Factores	Niveles	Notación	Variable de respuesta
Concentración de ácido clorhídrico (mol/L)	3; 4	A	Rendimiento de glucosamina (%)
Tiempo (min)	75; 90	B	

Se empleó un diseño factorial 2² con el propósito de conocer las mejores condiciones que garanticen los mayores rendimientos en la obtención de glucosamina. Fueron estudiados dos factores

a dos niveles, dando como resultado 4 corridas experimentales. Se realizaron réplicas en todos los puntos experimentales de forma aleatoria para un total de 8 experimentos.

Al finalizar cada corrida se realizó la prueba cualitativa con el reactivo de Fehling para comprobar la presencia de glucosamina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de quitina

La masa de quitina obtenida en cada una de las corridas experimentales y el rendimiento correspondiente, expresado con respecto a la masa de harina inicial se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de rendimiento de quitina obtenida

Corridas	Masa de HCLP (g)	Masa de quitina (g)	Rendimiento (%)	Promedio
1	100	84,58	84,58	85,66 ± 1,53
2	150	130,12	86,74	

Según se observa, el rendimiento de obtención de quitina osciló entre 84,58 % y 86,74 %, lo cual depende de la masa de harina de partida. Fue necesario utilizar diferentes cantidades, para garantizar disponer de la cantidad de quitina suficiente para su transformación en glucosamina. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Martínez (2019) que oscilan entre un 48 % y 50 %. En el estudio realizado por Martínez se trabajó con las especies de camarón estero y de alta mar es posible que la diferencia entre sus resultados y los del presente estudio esté asociada al tipo de especie marina con la que se trabajó en cada estudio.

Obtención de glucosamina

Los rendimientos de glucosamina obtenidos en las 8 corridas experimentales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de rendimiento de glucosamina obtenida por hidrólisis ácida

Corridas	Concentración HCl (mol/L)	Tiempo (minutos)	Masa de glucosamina (g)	Rendimiento (%)
1	3	90	8,5449	85,449
2	4	90	9,0125	90,125
3	3	75	8,2483	82,483
4	4	75	8,5985	85,985
5	4	90	8,8253	88,253
6	3	90	8,5449	85,449
7	3	75	8,0246	80,246
8	4	75	8,3214	83,214

Los mayores rendimientos se obtuvieron utilizando una concentración de 4 mol/L y un tiempo de reacción de 90 minutos. Estos valores son superiores a los reportados por Barriga (2016), donde el rendimiento fue de 85 % trabajando con una concentración de 6 mol/L y un tiempo de reacción 120 minutos. En la presente investigación se reduce la concentración del ácido y el tiempo de reacción, logrando con esto que el proceso sea más económico sin afectar la calidad final del producto de interés.

Detección química de la glucosamina

Se comprobó la presencia de glucosamina en todas las corridas realizadas, ya que al reaccionar con el reactivo de Fehling se produjo un color rojo ladrillo, indicando que ocurrió la oxidación del grupo carbonilo a grupo carboxilo en medio alcalino. Esta prueba positiva a la presencia del monosacárido dependió de las concentraciones de ácido clorhídrico y el tiempo de reacción con el que se trabajó en cada uno de las muestras analizadas. El resultado es similar al reportado por Mackiff (2016) en el cual se trabajó con una concentración entre 2 y 3 mol/L y un tiempo de reacción entre 6 y 12 horas. En la tabla 4 se reportan los resultados obtenidos del procesamiento estadístico.

Tabla 4. Análisis de varianza para el rendimiento total de glucosamina obtenida

Factor	Valor-P
A: Concentración HCl	0,0103
B: tiempo	0,0055
AB	0,7289

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede apreciar que ambas variables tanto el tiempo de reacción, como la concentración de HCl, son estadísticamente significativos sobre el

rendimiento de glucosamina para un 95 % de confianza, ya que $p < 0,05$. La interacción concentración/tiempo no resultó ser estadísticamente significativa para un 95 % de confianza, por ser el $p > 0,05$.

La Figura 1 muestra la superficie de respuesta del diseño de experimento realizado. Donde se comprueba que los dos factores estudiados tienen un efecto positivo sobre el rendimiento de glucosamina.

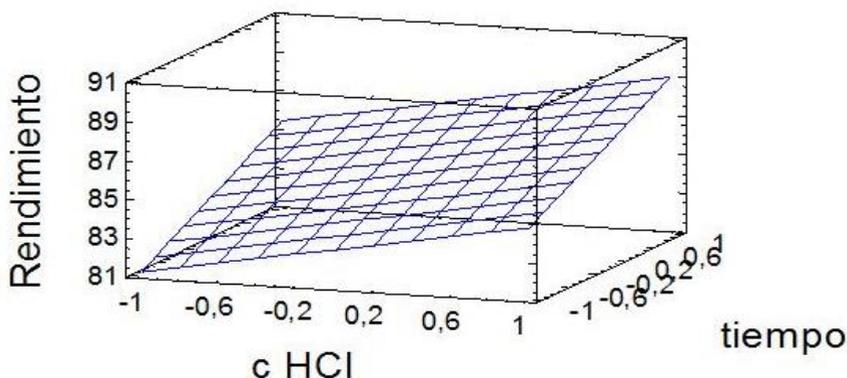


Figura 1. Superficie de Respuesta para la obtención de glucosamina

Los mayores valores del rendimiento de glucosamina se obtienen en los niveles máximos de cada factor, es decir, con una concentración de HCl a 4 mol/L y un tiempo de reacción de 90 minutos. Este resultado es similar al obtenido por Barriga (2016), donde se obtuvieron mejores rendimientos cuando se trabajó a mayor concentración de HCl y tiempo de reacción.

El modelo matemático que permite predecir el rendimiento de glucosamina en el intervalo de los factores estudiados es el siguiente:

$$R = 85,151 + 1,744 (c \text{ HCl}) + 2,169 t$$

Donde:

R: Rendimiento (%); (c HCl): concentración de HCl (mol/L), t: tiempo (minutos)

El coeficiente de determinación (R^2) es de 96,9 % y el coeficiente Durbin Watson (DW) es de 2,361, lo que significa que no existe correlación entre los residuos. Por lo tanto, el modelo matemático se considera satisfactorio.

CONCLUSIONES

El rendimiento promedio de la glucosamina obtenida a partir de la hidrólisis ácida de la quitina fue 89,19 % ácida de la quitina fue de 89,19 % como valor promedio.

Las mejores condiciones de operación para la hidrólisis ácida de la quitina obtenida de cabeza de langosta precocida fueron: concentración de HCl de 4 mol/L y un tiempo de reacción de 90 minutos. La reacción de Fehling positiva constató la presencia de glucosamina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue financiado por el proyecto P131 LH 001262 "Evaluación del potencial y caracterización de descartes generados del procesamiento de crustáceos y moluscos en la industria pesquera". Se agradece la colaboración de los compañeros de los laboratorios de Química, Microbiología y de la Subdirección de Pesquerías del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP).

REFERENCIAS

- Barriga, K. (2016). Obtención de glucosamina por hidrólisis ácida a partir de quitina derivada de la cáscara de camarón. Consultado en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6885>, 10 de abril del 2021.
- De León, M. E. (2005). Variabilidad temporal de los parámetros poblacionales de la langosta espinosa del caribe *Panulirus argus* en aguas de Cuba. Consultado en <http://hdl.handle.net/1834/3805>, 20 de abril del 2021.
- Fehling, H. (1848). Epónimos científicos. Consultado en <https://blog.uchceu.es/eponimos-cientificos/reactivo-de-fehling/>, 4 de julio del 2020.
- Gandhi, N., Laidler, J.K. (2002) Preparación del clorhidrato de glucosamina. Patente US 6486307 B1, pp 1-6.
- Holthius, L. B. (1991). FAO species catalogue. Marine lobsters of the world: an annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO Fish Synop, 13, p. p125-292.
- Lárez, C. (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Revista Avances en Química*, 1 (2), pp15-21, ISSN: 1856-5301.
- Martin, J. (2001). An updated classification of the recent crustacean. Natural History Museum of Los Angeles County, No.39, pp.124, ISSN 1-891276-27-1.

- Mackiff, C. (2016). Aprovechamiento de los desechos del camarón para la extracción de glucosamina mediante hidrólisis ácida. Consultado en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12720>, 20 de abril del 2021.
- Martínez, A.G., Díaz, G.C., Ramírez, R.E. (2019). Estudio comparativo de obtención, caracterización y actividad antioxidante de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón estero y camarón de altamar. *Rev. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, pp.1002-1013.
- Ramos-Puebla, S. y col. (2017). Efecto en la calidad galletas de mantequilla tipo pastissetas por la adición de glucosamina. *Rev. Investigación y Desarrollo en Ciencias y Tecnología de Alimentos*, 2, pp. 428-433.
- Trujillo, Z. (2001). Alternativas tecnológicas para el procesamiento industrial de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* cultivada en Cuba. Consultado en <http://hdl.handle.net/1834/1549>, 15 de mayo del 2021.



Comparative study between two *Thymus vulgaris* essential oils: Identification of their chemical composition and evaluation of their antibacterial activity

Estudio comparativo de dos aceites esenciales de *Thymus vulgaris*. Identificación de la composición química y evaluación de la actividad antibacterial

Asmaa Chbel^{1*}, Abdelhakim Elmakssoudi²,
Manuel Rey-Méndez³, Juan L. Barja⁴,
Ouafaa Aniq Filali¹, Abdelaziz Soukri¹,
Bouchra El khalfi¹

¹Laboratory of Physiopathology, Molecular Genetics and Biotechnology Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University of Casablanca, Morocco.

²Laboratory of Organic Synthesis, Extraction, and Valorization (OSEV), Department of Chemistry, Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University of Casablanca, Morocco.

³Laboratory of Molecular Systematics, Department of Biochemistry & Molecular Biology, Faculty of Biology/CIBUS & Institute of Aquaculture, University of Santiago de Compostela, Spain.

⁴Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Biology/CIBUS & Institute of Aquaculture, University of Santiago de Compostela, Spain.

Asmaa Chbel   asmaachbel@gmail.com

ABSTRACT | Over the past years, global production of fish from aquaculture has grown rapidly, contributing to significant quantities to the world's supply of fish for human consumption. Unfortunately, the sustainable expansion of this sector is currently hampered by several factors constraining fish production and development in terms of quantity and quality. Amongst those factors we find the intensification which leads to overcrowding and the decrease of water quality, facilitating the spread of pathogens and increasing disease outbreaks such as oxidative stress and infectious diseases causing high mortalities within diverse fish species. To control the emergence of pathogens in aquaculture, antimicrobial agents are employed, but their overuse has led to the spread of resistant bacteria that puts a huge pressure on aquatic animal's health as well as consumers. Thus, in this work we aim to identify the chemical composition of two *Thymus*

Keywords |

Thymus vulgaris,
antibacterial activity,
fish, antibiotic resistance

vulgaris essential oils, and evaluate their antibacterial activity against five fish pathogens most found in aquaculture farms, then, evaluate their capacity to substitute antimicrobials for a further *in vivo* investigation in aquaculture as dietary supplements to further increase fish immunity, hematological responses and growth performance.

RESUMEN | En los últimos años, la producción mundial de peces procedente de la acuicultura ha crecido rápidamente. Desafortunadamente, la expansión sostenible de este sector actualmente se ve obstaculizada por varios factores que limitan la producción afectar la cantidad y calidad de pescado. Entre esos factores encontramos la intensificación que conduce a la disminución de la calidad del agua, lo que facilita la propagación de patógenos y aumenta el estrés oxidativo que causan una alta mortalidad en diversas especies de peces. Para controlar la aparición de patógenos en la acuicultura, se emplean agentes antimicrobianos, pero su uso excesivo ha llevado a la propagación de bacterias resistentes que ejercen una gran presión sobre la salud de los animales acuáticos y de los consumidores. Por lo tanto, en este trabajo tenemos como objetivo identificar la composición química de dos aceites esenciales de *Thymus vulgaris*, y evaluar su actividad antibacteriana contra cinco patógenos de peces en acuícolas, y evaluar su capacidad para sustituir los antimicrobianos para una mayor investigación in vivo en la acuicultura como suplementos dietéticos para aumentar la inmunidad de los peces, las respuestas hematológicas y su crecimiento.

Palabras clave |
Thymus vulgaris,
actividad antibacterial,
peces,
resistencia antibiótica

INTRODUCTION

Aquaculture is a fast growing sector encountering the emergence of microbial pathogens threatening fish quality (Reverter *et al.*, 2020). Therefore, antibiotics and chemotherapeutics are applied to eliminate microbial and parasitic attacks occurring in aquaculture farms. Unfortunately, the excessive and inappropriate use of these chemical substances cause high mortalities in fish because of the spread of multi-drugs resistant pathogens which threaten aquaculture sustainability. Consequently, antibiotic residues might be found in fish and can be transmitted to human (Chbel *et al.*, 2021; Shen *et al.*, 2020).

Since the most frequently used synthetic antimicrobials have been suspected to cause high mortalities in fish, there is a big need to focus on natural substances, especially those derived from plants. Their diverse components chemically different among which terpenes, terpenoids, phenylpropenes, and isothiocyanates are the key chemical groups responsible of various biological

activities. They may provide antioxidant, antiparasitic, anti-inflammatory, antimicrobial and antiviral properties (Dawood *et al.*, 2021).

Thymus vulgaris commonly known as thyme, or Zaatir in Arabic, is an aromatic plant belonging to the Lamiaceae family, native to Mediterranean regions and other neighboring countries where it presents a high chemical variability (Linhart and Thompson, 1999). It is mainly used as a culinary spice and largely employed in popular medicine for the treatment of ailments such as digestive and pulmonary disorders (Bakhy *et al.*, 2014). It has also been used in medicine since ancient time as a remedy for cough, toothache, bronchitis, constipation, warts, helminthes, alopecia, spasm, indigestion, inflammation, skin infections and for its diuretic properties (Alsaraf *et al.*, 2020; Patil *et al.*, 2021). In the present study, we aim to extract the essential oil of *Thymus vulgaris* collected from two different geographical locations: Morocco and Franc. Then, identify their chemical composition by Gas chromatography-Mass spectrometry and evaluate their antibacterial activity against five fish pathogens most found in aquaculture farms. As a perspective, we aim to evaluate their capacity to substitute antimicrobials for a further *in vivo* investigation in aquaculture as dietary supplements to further increase fish immunity, hematological responses and growth performance.

MATERIAL AND METHODS

Extraction of essential oils

Essential oils (EOs) used in this work belong to *Thymus vulgaris* specie grown in two different biogeographical locations: Morocco and France. They were extracted by hydrodistillation of the plant aerial parts for 3 hours with the Clevenger apparatus. The trials were repeated three times, then, the essential oils were stored in sealed vials protected from light at 4°C until their use.



Figure 1. *Thymus vulgaris* plant.

Analysis of essential oils by Gas chromatography-Mass spectrometry (GC/MS)

The GC/MS analysis was performed using a Shimadzu GC-2010 gas chromatograph, interfaced with a Shimadzu QP2010 Plus mass spectrometer (software version 2.50 SU1). A DB-5 capillary column (30 m x 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 µm; SGE, Ltd.) was used with the carrier gas helium adjusted to a linear velocity of 36.5 cm.s⁻¹. The MS transfer line temperature was set to 300°C; MS ionization temperature was set to 200°C. The split ratio was set to 1:40. Mass spectra were recorded at 70 eV using scanning time of 1 s in the mass range of 45-400 m/z. Component identification was realized using MS library and the NIST databases and comparison of relative retention times with those of authentic compounds on the DB-5MS column.

Bacterial strains

Strains used in this study belong to the collection of the Microbiology group of the University of Santiago de Compostela. They were collected during different episodes of mortalities in the Atlantic coast and the Mediterranean coast of Spain. The strains were identified as *Vibrio anguillarum*, *Lactococcus garviae*, *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, *Edwardsiella tarda* and *Aeromonas salmonicida*.

Sensitivity of bacterial strains to antibiotics

Their susceptibility to antibiotics was carried out by the agar diffusion assay using the following antibiotics: Amoxicillin (A), Amoxicillin + Clavulanate (AUG), Penicillin (G), Cefixime (CFM), Ceftazidime (CAZ), Cefuroxime (CRX), Cephalothin (KF), Cephalexin (CFX), Ciprofloxacin (CPR), Norfloxacin (NOR), Azithromycin (AZM), Gentamycin (GM), Piperacillin (PRL), Oxacillin (OX), Colistin (CT), Tetracycline (T), Vancomycin (VAN), Kanamycin (KAN), Imipenem (IMP), Sulfa-methoxazole + Trimethoprim (TS), Amikacin (AK).

Antibacterial activity

A well diffusion assay was used to determine the growth inhibition of bacteria by EOs. *V. anguillarum*, *P. damsela* subsp. *damsela*, *A. salmonicida*, *E. tarda* and *L. garviae* were used as indicator strains in assays of antibacterial activity. They were cultured in TSB-1 at 22°C for 24h. Then, 20 mL of TSA-1 medium was inoculated with 10⁶ CFU of indicator strains fresh culture and was poured into a Petri dish. Wells of 5 mm diameter were performed into inoculated TSA-1 of each Petri dish and filled with 10 µL of EOs. The plates were then incubated for approximately 24 h at 22°C and the diameter of the inhibition zones was measured in mm.

RESULTS

Analysis of essential oils by Gas chromatography-Mass spectrometry

The chemical composition of each EO was analyzed by GC/MS. The results revealed the presence of a variety of chemical constituents in the investigated EOs. The variations in chemical composition were important between *T. vulgaris* obtained from Morocco and France. A total of 23 compounds, amounting 97.27% of the EO, were identified in *T. vulgaris* obtained from Morocco, while a total of 24 compounds, amounting 94.27% of the EO, were identified in *T. vulgaris* obtained from France. The major components of *T. vulgaris* EOs are cited in the table 1.

Table 1. Identification of the chemical composition of the essential oils.

Essential oil	Identified compounds	Main compounds
<i>Thymus vulgaris</i> (Morocco)	97.27 %	-Borneol, - α -terpineol, -carvacrol, -camphene, -caryophyllene
<i>Thymus vulgaris</i> (France)	94.27 %	-Thymol, ortho-cymene, - γ -terpinene

Sensitivity of the marine isolates to antibiotics

The Gram staining was carried out for each bacterium and the results revealed one-gram positive bacterium (*L. garvieae*) and four gram-negative bacteria (*V. anguillarum*, *P. damsela* subsp *damsela*, *A. salmonicida* and *E. tarda*). All these bacteria are pathogenic to fish in aquaculture and can cause different infectious diseases such as furunculosis, pasteurellosis, vibriosis, lactococcosis and edwardsiellosis. Consequently, they cause high mortality rates of fishes. Then, drug resistance analysis of each strain was conducted using several antibiotics (Table 2).

Table 2. Resistance profile of the studied strains to antibiotics.

Bacterial strain	Resistance profile
<i>Photobacterium damsela</i> subsp <i>damsela</i>	TS, CFM, AK, CAZ, CT, CRX, KF, CFX
<i>Aeromonas salmonicida</i>	CFM, AK, CAZ, CT, CRX, KF, CFX
<i>Edwardsiella tarda</i>	CFM, AK, CAZ, CT, CRX, CFX
<i>Vibrio anguillarum</i>	TS, CFM, AK, CT
<i>Lactococcus garviae</i>	KAN, OX, TS, GM, NOR

Antibacterial activity

The *in vitro* antibacterial activity of EOs was investigated against five marine strains pathogenic to fish in aquaculture. The results obtained by the well diffusion method showed that the tested EOs exhibited antibacterial activity on all the studied strains except *L. garviae*. Thyme EO obtained from France was extremely effective with inhibition zones reaching 41 mm while thyme EO obtained from Morocco reached 21 mm. *V. anguillarum*, *P. damsela* subsp *damsela*, *A. salmonicida* and *E. tarda* were extremely sensitive to thyme (France), as shown in Table 3. Since a good inhibition was exhibited on the indicator strains, the minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) of each EO were determined by the microdilution technique and were represented in Table 3. Thyme EO obtained from France revealed a strong inhibition of bacterial growth with MIC values ranging from 0.552 to 17.69 mg/mL and MBC values ranging from 4.422 to 35.38 mg/mL, while in thyme from Morocco, the MIC values ranged from 8.46 to 33.84 mg/mL and MBC was around 33.84 mg/mL (Table 3).

Table 3. Inhibition zones diameters (mm) of the antibacterial test.

Bacteria	Thyme (Morocco)			Thyme (France)		
	Inhibition zone	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)	Inhibition zone	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
<i>A. salmonicida</i>	15	33.84	-	31	17.69	17.69
<i>V. anguillarum</i>	16	8.46	-	41	0.552	4.422
<i>L. garviae</i>	8	33.84	33.84	8	8.845	17.69
<i>P. damsela</i>	21	33.84	33.84	40	4.422	4.422

<i>E. tarda</i>	14	33.84	-	37	17.69	35.38
-----------------	----	-------	---	----	-------	-------

DISCUSSION

The aquaculture sector is encountering the emergence of microbial pathogens threatening fish. Thus, the application of antibiotics and chemotherapeutics to eliminate microbial and parasitic attacks occurring in aquaculture farms is not always a good solution. Unfortunately, the excessive and inappropriate use of these chemical substances cause high mortalities in fish because of the spread of multi-drugs resistant pathogens which threaten aquaculture sustainability. The search for natural substances such as essential oils is crucial.

T. vulgaris essential oil is composed by a wide variety of components such as terpenes, terpene alcohols, esters, and phenolic derivatives. The GC/MS results of the moroccan *T. vulgaris* EO are in agreement with those of Giordani *et al.* 2004, where it was predominantly composed by borneol (33.89%) with presence of other constituents at appreciable amounts such as α -terpineol (8.64%), α -pinene (5.73%), camphene (9.28%), thymol (7.11%), linalool (3.87%), terpinene-4-ol (2.57%), β -pinene (1.16%) and carvacrol (2.79%). However, these results differ from thyme EOs obtained from eastern Morocco where the major constituents were thymol (37.54-40.0%), γ -terpinene (11.15-12.0%) and p-cymene (12.0-14.49%), this correlate with the composition of our thyme EO obtained from France. It has been reported that the chemical composition of essential oils vary according to the geographical origin, the environmental and agronomic conditions, the stage of development of the plant material and the extraction method (Bouhdid *et al.*, 2008).

Moreover, the antibacterial activity of the studied essential oils showed good inhibition diameters. Their composition rich of thymol, carvacrol, 1,8-cineole, p-cymene and γ -terpinene, which represent the major chemical constituents, may be responsible for the diverse biological activities of these EO. The results of this test are in agreement with the findings of (Tural *et al.*, 2019) where thyme EO were effective against some pathogenic bacteria. Furthermore, it has been reported that antibacterial effects of thyme essential oil is associated with the presence of phenolic compounds such as thymol and carvacrol. The phenolic compounds present in essential oil such as carvacrol have the ability to disrupt the cytoplasmic membrane eventually leading to bactericidal effect (Alsaraf *et al.*, 2020).

CONCLUSION

Thyme essential oils used in this study exhibit good antibacterial activities. Thyme EO from France showed a good antibacterial activity with low MIC values against the marine drug-resistant bacteria potent biological activities due to the presence of a variety of phytochemicals including thymol, borneol, ortho-cymene, α -terpineol, γ -terpinene and carvacrol. They may provide a good

potential to substitute antibiotics in aquaculture to inhibit bacterial pathogens responsible for the most known infectious diseases occurring in aquaculture.

Acknowledgments

My acknowledgments to the laboratory of Molecular Systematics, Department of Biochemistry & Molecular Biology and to the Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Biology at University of Santiago de Compostela.

REFERENCES

- Alsaraf, S., Hadi, Z., Al-Lawati, W.M., Al Lawati, A.A., Khan, S.A., 2020. Chemical composition, in vitro antibacterial and antioxidant potential of Omani Thyme essential oil along with in silico studies of its major constituent. *J. King Saud Univ. - Sci.* 32, 1021–1028. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.09.006>
- Bakhy, K., Benlhabib, O., Bighelli, A., Casanova, J., Tomi, F., 2014. Yield and chemical variability of the essential oil isolated from aerial parts of wild *Origanum compactum* Benth. From Moroccan Western Rif. *Am. J. Essent. Oils Nat. Prod.* 1(4), 9–17.
- Bouhdid, S., Skali, S.N., Idaomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., Amensour, M., Abrini, J., 2008. Antibacterial and antioxidant activities of *Origanum compactum* essential oil. *African J. Biotechnol.* 7, 1563–1570. <https://doi.org/10.4314/ajb.v7i10.58723>
- Chbel, A., Delgado, A.S., Soukri, A., Khalfi, B. El, 2021. Marine biomolecules: a promising approach in therapy and biotechnology. *Eur. J. Biol. Res.* 11, 122–133.
- Dawood, M.A.O., El Basuini, M.F., Zaineldin, A.I., Yilmaz, S., Hasan, M.T., Ahmadifar, E., El Asely, A.M., Abdel-Latif, H.M.R., Alagawany, M., Abu-Elala, N.M., Van Doan, H., Sewilam, H., 2021. Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: An alternative approach for sustainable aquaculture. *Pathogens* 10, 1–38. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020185>
- Linhart, Y.B., Thompson, J.D., 1999. Thyme is of the essence: Biochemical polymorphism and multi-species deterrence. *Evol. Ecol. Res.* 1, 151–171.
- Patil, S.M., Ramu, R., Shirahatti, P.S., Shivamallu, C., Amachawadi, R.G., 2021. A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* Linn. *Heliyon* 7, e07054. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07054>
- Reverter, M., Sarter, S., Caruso, D., Avarre, J.C., Combe, M., Pepey, E., Pouyau, L., Vega-Heredía, S., de Verdal, H., Gozlan, R.E., 2020. Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nat. Commun.* 11, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15735-6>
- Shen, X., Jin, G., Zhao, Y., Shao, X., 2020. Prevalence and distribution analysis of antibiotic resistance genes in a large-scale aquaculture environment. *Sci. Total Environ.* 711, 134626.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134626>

Tural, S., Durmaz, Y., Uçar, E., Turhan, S., 2019. Antibacterial Activity of Thyme, Laurel, Rosemary and Parsley Essential Oils Against Some Bacterial Fish Pathogen. *Acta Aquat. Turc.* 15, 440–447.



Anti-vibrio activity of lactic acid bacteria isolated from bat guano

Actividad anti-Vibrio de bacterias ácido lácticas aisladas desde guano de Murcielago

Souraya Sakoui¹, Reda Derdak¹,
Fatimazahra Jouga¹, Boutaina Addoum¹,
Manuel Rey Méndez², Juan L. Barja³,
Abdelaziz Soukri¹, Bouchra El Khalfi¹

¹Laboratory of Physiopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Faculty of Sciences Ain Chock, Health and Biotechnology Research Centre, Hassan II University of Casablanca, Maarif B.P 5366, Casablanca, Morocco,

²Laboratory of Molecular Systematics, Department of Biochemistry & Molecular Biology, CIBUS University of Santiago de Compostela, Santiago, Spain,

³Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Biology/ CIBUS & Institute of Aquaculture, University of Santiago de Compostela, Spain.

Souraya Sakoui  sakouisouraya@gmail.com

ABSTRACT | Aquaculture is the world's fastest expanding food producing sector. However, fish farming is currently suffering from significant losses because of infectious illnesses. As a result, research into the use of probiotics for aquaculture is expanding in parallel with the desire for environmentally friendly, sustainable aquaculture. This research aimed to investigate the in vitro properties of lactic acid bacteria (LAB) isolated from bat guano. 3 LAB were screened, identified through 16S rDNA sequencing and tested for their probiotic potential based on their tolerance to bile salts (0.3%) and simulated gastric juice and their antibacterial activity against *Vibrio anguillarum*. All the strains were able to resist the different gastrointestinal conditions and showed an antibacterial property. The results showed that *E. gallinarum*, *E. mundtii* and *E. faecium* are a promising probiotic to use in aquaculture.

Keywords |

Aquaculture,
probiotics,
bat guano,
Vibrio anguillarum.

INTRODUCTION

Aquaculture is the generic term that designates all animal or plant production activities in an aquatic environment. It is the fastest growing food production sector in the world. However, it is currently suffering significant losses from infectious diseases. Farmed fish and shellfish are strongly influenced by microorganisms in the surrounding water because they are in constant contact with water and constantly ingest it. The aquaculture ecosystem is home to eukaryotes and commensal bacteria, and opportunistic pathogens can reach high densities in this favorable environment. Opportunistic pathogens such as *Vibrio spp* invade the host through the gut and invade fish through the gills and skin (Wang, Y. B., *et al* 2008).

Research on the use of probiotics in aquatic animals is increasing with the demand for environmentally friendly aquaculture. However, according to some authors, probiotics applied in aquaculture are microbial cells or constituents of microbial cells which, when added to water or feed, improve the general health of the host organism via improvements microbial balance in the environment (Michael, E. T., *et al* 2014). Overall, probiotics are considered biocompatible agents that can be administered in aquatic culture environments to control pathogens and improve feed utilization, survival, and growth rate of cultured species (Wang, Y.B., *et al* 2008).

Moreover, they have no adverse side effects on the treated organisms. By any definition, probiotics represent a new era in modern aquaculture, and commercial and scientific interest in this topic is growing. The use of BLs has been shown to have the most promising effects on disease resistance, survival, and growth parameters for a wide variety of fish species (Jahangiri, L., & Esteban, M. Á (2018).

Several routes of administration of probiotics are used in aquaculture systems (Figure 1). Probiotics can be given as food supplements (via live foods such as brine shrimp and rotifers or pelleted foods) or added directly to water. Additionally, the administration of probiotics by injection has also been reported. The use of an adapted mode of administration contributes to the favorable performances of probiotics, and the knowledge of the modes of action, associated with adapted modes of administration, can play a key role in their application in aquaculture.

Hence the objective of this research aimed to investigate the probiotic properties of lactic acid bacteria (LAB) isolated from bat guano.

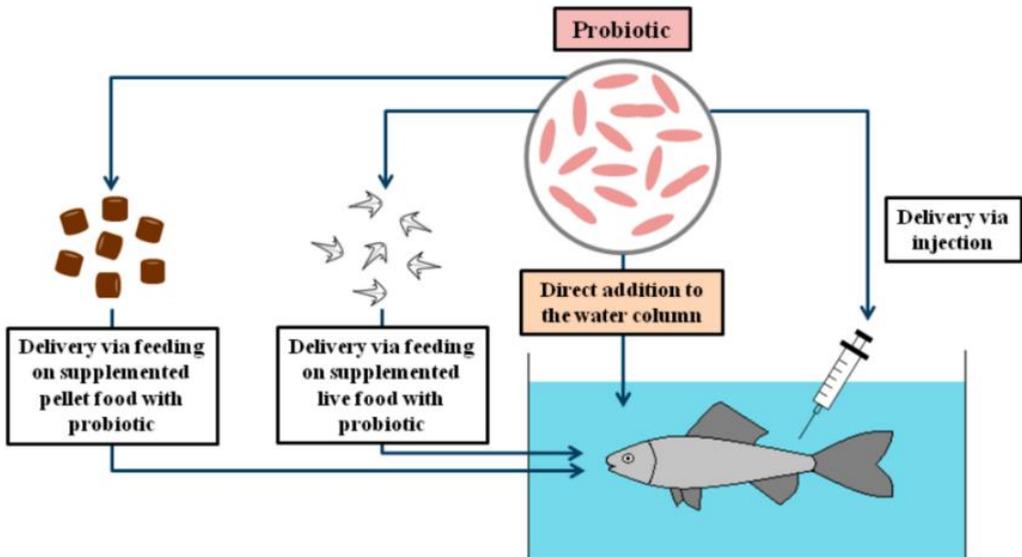


Figure 1: The different routes of administration of a probiotic in the aquaculture environment (Jahangiri, L., & Esteban, M. Á. (2018).

MATERIAL AND METHODS

Molecular identification

The Maxwell® RSC Cell DNA kit (RefAS1370 Promega) was used in accordance with the manufacturer's instructions for the total DNA extraction.

A region of the 16 S ribosomal DNA was amplified by PCR using the DNA that was taken as a template (Sakoui S. *et al.* 2022).

Probiotic properties

Tolerance to bile salts and gastric juice

The isolated strains' resistance to synthetic gastric juice and bile salts was assessed, with some alterations, as described by Kim *et al.* (2021). Each isolated strain was injected with about 10^8 CFU/mL (colony forming unit) into MRS supplemented with 0.3% bile salts (w/v) as well as into simulated gastric juice containing sodium chloride 0.5% (w/v) and pepsin 0.3% (w/v) (pH 2.5). Following a series of dilutions, 100 mL aliquots were taken and distributed onto MRS agar to count

the total number of viable cells. The data were represented as log (CFU/mL) after the plates were incubated at 37 °C for 24 hours.

Antivibrio activity

Using the well diffusion method described by (Ammor *et al.*, 2006) with a few modifications, the antibacterial effect of the isolated strains against *Vibrio anguillarum* also known as *Listonella anguillarum*, which is the causative agent of vibriosis, a deadly haemorrhagic septicemic disease affecting various marine and fresh/brackish water fish, bivalves and crustaceans., was investigated. The indicator strains were cultivated for 24 hours in TSB medium at 22 °C. After performing the necessary wells of 5 mm diameter and solidifying the TSB agar plates with 1% of the indicator strains, 100 mL of the supernatant was added to each well. The plates were incubated at 37 °C for 24 hours after 4 hours of diffusion at 4 °C. The clear zones surrounding wells had a connection to the antibacterial action.

RESULTS AND DISCUSSION

Molecular identification

Using Geneious Prime Software's BLAST function, the 16S rDNA was utilized as a query sequence. Sequences with high pairwise identity were then selected. The isolates were identified as *Enterococcus mundtii*, *Enterococcus gallinarum* and *Enterococcus faecium*.

Tolerance to bile salts and gastric juice

The studied LAB strains demonstrated resistance to bile salts and simulated gastric juice; however, their tolerance to bile salts was greater than that of gastric juice, as shown in Fig. 2. Other studies have detailed that the rate of viability of *Enterococcus* isolates extended from 0.9% to 79.8% in presence of bile salts, and from 10.3 to 81.6% in mimicked gastric juice. Within the same conditions (Vidhyasagar & Jeevaratnam, 2013) has reported that *Pediococcus pentasaceus* displayed a survival rate of 50%.

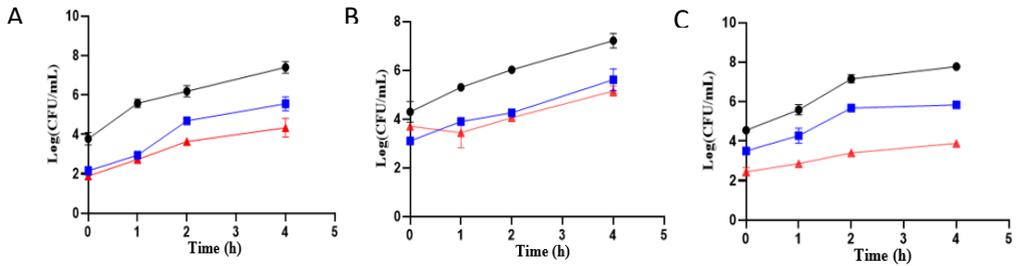


Figure 2. Tolerance to bile salts (0.3%) and gastric juice (pH 2.5). The figure shows the growth of A) *Enterococcus mundtii*, B) *Enterococcus faecium* and C) *Enterococcus gallinarum* under normal conditions (black), bile salts (Blue) and simulated gastric juice (red).

Antivibrio activity

The antibacterial activity of the supernatant against the pathogenic strain is represented in table 1. The pathogenic bacteria was inhibited by all the LAB strains. *E. mundtii* showed the highest antibacterial activity.

Table 1. Inhibition zones of the antibacterial activity

Strains	<i>Vibrio anguillarum</i>
<i>Enterococcus mundtii</i>	18 mm
<i>Enterococcus faecium</i>	16 mm
<i>Enterococcus gallinarum</i>	17 mm

CONCLUSION

Probiotics as an alternative to chemicals and antibiotics have proven to be effective in promoting successful aquaculture, as they have the potential to improve water quality, increase tolerance to stress, generate high-quality livestock etc. Our results showed that lactic acid bacteria from bat guano could be a promising probiotic to use in aquaculture.

REFERENCES

- Ammor, S., Tauveron, G., Dufour, E., & Chevallier, I. (2006). Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogenic bacteria isolated from the same meat small-scale facility: 1—Screening and characterization of the antibacterial compounds. *Food control*, 17(6), 454-461.
- Jahangiri, L.; Esteban, M.Á. Administration of Probiotics in the Water in Finfish Aquaculture Systems: A Review. *Fishes* 2018, 3, 33. <https://doi.org/10.3390/fishes3030033>.

- Kim, K. T., Yang, S. J., & Paik, H. D. (2021). Probiotic properties of novel probiotic *Levilactobacillus brevis* KU15147 isolated from radish kimchi and its antioxidant and immune-enhancing activities. *Food Science and Biotechnology*, 30(2), 257-265.
- Michael, E. T., Amos, S. O., & Hussaini, L. T. (2014). A review on probiotics application in aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 5(4), 1.
- Sakoui, S., Derdak, R., Addoum, B., Pop, O. L., Vodnar, D. C., Suharoschi, R., ... & El Khalfi, B. (2022). The first study of probiotic properties and biological activities of lactic acid bacteria isolated from Bat guano from Er-rachidia, Morocco. *LWT*, 159, 113224.
- Vidhyasagar, V., & Jeevaratnam, K. (2013). Evaluation of *Pediococcus pentosaceus* strains isolated from Idly batter for probiotic properties in vitro. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 235-243.
- Wang, Y. B., Li, J. R., & Lin, J. (2008). Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. *Aquaculture*, 281(1-4), 1-4.



Avances del cultivo vegetativo de *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo” en la costa del Perú

Advances in the vegetative cultivation of *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo” on the coast of Peru

Max Castañeda^{1*}, Arturo Mires-Reyes¹, Wendy Oyola¹,
Wilson Berríos¹, Alena Manini¹, Sol Vásquez¹, Paul Baltazar¹
¹Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA),
Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación.
Universidad Científica del Sur. Panamericana Sur Km 19, Lima,
Perú.

Max Castañeda   mcastanedaf@cientifica.edu.pe

RESUMEN | *Gracilariopsis lemaneiformis* es un alga roja cosmopolita de gran relevancia en la maricultura por su alta demanda económica debido a su contenido de agar, su potencial en la biorremediación, y en la elaboración de alimento de calidad. Ante ello, a nivel mundial, se han empleado diversos sistemas de cultivo de propagación vegetativa a fin de obtener una gran biomasa en un corto tiempo. Con el fin de determinar una técnica de cultivo viable a la costa central del Perú, se elaboraron reinales con 40 g de *G. lemaneiformis* como inóculo inicial y fueron sembrados en mar a 3 metros de profundidad empleando un sistema de cultivo de fondo tipo “árbol” durante 10 semanas, realizando monitoreos y biometrías semanales del peso fresco (g) para determinar la tasa de crecimiento diaria (DGR). Se determinó que la tasa de crecimiento diaria promedio fue de 4,99% d⁻¹ a lo largo de 70 días de cultivo, resaltándose un aumento de biomasa importante de 8,96% d⁻¹ entre la cuarta y séptima semana. Las tasas de crecimiento obtenidas demostraron que el cultivo por propagación vegetativa en un sistema de fondo de *G. lemaneiformis* fue eficaz, de forma que se obtuvieron valores de producción considerables en 70 días.

Palabras clave |
Biomasa,
Gracilariopsis lemaneiformis,
macroalga,
propagación vegetativa,
tasa de crecimiento

ABSTRACT | *Gracilariopsis lemaneiformis* is a cosmopolitan red seaweed of great relevance in mariculture due to its high economic demand because of its agar content, its potential for bioremediation and in the production of quality food. Given this, various vegetative propagation cultivation systems have been used worldwide in order to obtain greater biomass in a short time. In order to determine a viable culture technique on the central coast of Peru, raffia ropes were prepared with 40 g of *G. lemaneiformis* as initial inoculum and were placed at 3 m undersea using a "tree"-type bottom culture systems for 10 weeks, performing weekly monitoring and biometrics of fresh weight (g) to determine the daily growth rate (DGR). It was determined that the average daily growth rate was 4.99% d⁻¹ throughout 70 days of culture, highlighting an important biomass increase of 8.96% d⁻¹ between the fourth and seventh week. The growth rates obtained demonstrated that the culture by vegetative propagation in a bottom culture system of *G. lemaneiformis* was effective, so that considerable production values were obtained in 70 days.

Keywords:
Biomass,
Gracilariopsis lemaneiformis,
growth rate,
seaweed,
vegetative propagation.

INTRODUCCIÓN

G. lemaneiformis es una especie de macroalga roja cosmopolita. En el Pacífico Sureste su distribución ha sido registrada desde Paita, Perú (5°04'S, 81°05'W); hasta Antofagasta, Chile (23°06'S, 70°27'W). Es una de las especies de maricultura más importantes del mundo, principalmente en China (Ramirez & Tapia; 1991; Kang *et al.*, 2017), por ser fuente de agar, ser empleado como alimento de alta calidad para el cultivo de abalón (Aleman *et al.*, 2019) y por su interés potencialmente internacional en la biorremediación y la solución de los problemas de eutrofización en el mar (Chow *et al.*, 2001).

Entre los principales problemas para el desarrollo de cultivo de macroalgas en general, es la poca rentabilidad y su viabilidad económica, por lo que es necesario la realización de estudios que involucren el desarrollo de sistemas de cultivo de rápida propagación y buena accesibilidad (Hayashi *et al.*, 2014). Es por ello necesario explorar y desarrollar nuevos enfoques de acuicultura que permitan realizar una siembra eficiente y una tasa de crecimiento rápida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación y siembra los reinales

Se inocularon 1000 reinales de rafia con 40 g de talos fragmentados de *G. lemaneiformis* de

aproximadamente 15 cm mediante la técnica del encordado. Una vez realizada la inoculación, se colocaron 20 reinales por sistema de cultivo de fondo tipo “árbol”, el cual consistía en un cabo madre donde iban sujetos los reinales y fondeos para asegurarlos al fondo marino. Una vez elaborados, los sistemas de cultivo se mantuvieron en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Cultivos Marinos (LICMA) hasta su siembra en la concesión de la Cooperativa de Trabajadores Pesqueros Artesanales Algas Marinas (COTRAPALMAR). Con ayuda de un buzo artesanal de la cooperativa, se lograron colocar los sistemas a una profundidad de 3 m.

Monitoreo y determinación de la productividad del cultivo

Se realizaron monitoreos de manera semanal empleando una embarcación con compresora de aire para realizar buceo semi-autónomo. Además, se retiraban los organismos epibiontes en los sistemas de cultivo. Durante cada monitoreo, se recolectaron 20 reinales aleatoriamente durante 10 semanas en total y se procedió a registrar los valores de biomasa fresca (g) (Jiang et al., 2019). Se determinó la tasa de crecimiento diario (DGR) (Yong et al., 2013), cuya fórmula es la siguiente:

$$DGR = \left[\left(\frac{W_t}{W_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \times 100\%$$

Donde W_0 representa el peso inicial de la biomasa algal, mientras que W_t representa el peso final y t son los días de cultivo.

RESULTADOS

La tasa de crecimiento promedio (DGR) durante los 70 días de cultivo fue de 4,99% d⁻¹. Se observó un aumento de biomasa considerable entre la cuarta y séptima semana (Figura 1, 2A), donde la DGR fue de 8,96% d⁻¹. La biomasa final promedio de 1212.0 ± 108 g (Figura 1, 2B).

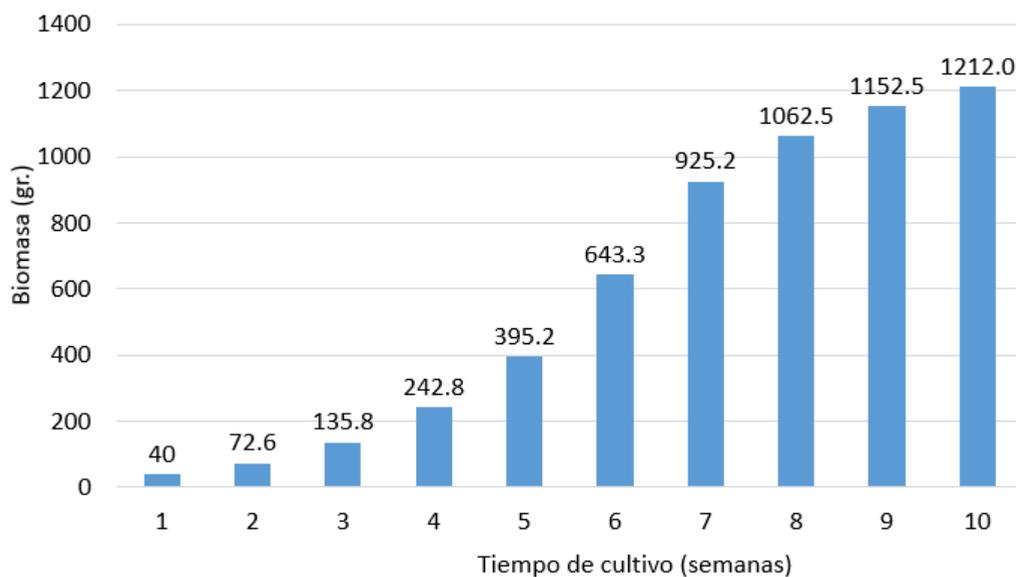


Figura 1. Biomasa semanal de los reinales sembrados de *G. lemaneiformis* en los sistemas de cultivo.



Figura 2. Reinales inoculados con *G. lemaneiformis*. A. Reinales siendo monitoreados en la séptima semana. B. Reinal en la décima semana de cultivo (Cosecha).

DISCUSIÓN

Arellano *et al.* (2016) evaluaron el rendimiento estacional de *G. lemaneiformis* en el Golfo de California encontrando tasas de crecimiento entre 3,8 y 7,85% diario para los meses de fríos y cálidos respectivamente. En nuestra investigación, la tasa de crecimiento promedio fue de 4,99% con promedios de 8,96%, durante el trabajo ejecutado en los meses de estación primaveral. Otros trabajos mencionan tasas de crecimiento tan altas como 6,6% d⁻¹ en ensayos iniciales, pero en la trasplante se obtuvo una tasa de crecimiento entre 3,09 % d⁻¹ (Fei, 2004), esto debido a que se inició con una biomasa muy elevada (entre 3,22 kg) en un tiempo de experimentación el doble que en nuestro ensayo (150 días). Además, Yang *et al.* (2005) obtuvieron una tasa de crecimiento de 5,08 % d⁻¹ para la especie en 83 días, valor que no dista mucho de nuestros resultados. Junto con eso, Zhou *et al.* (2016) menciona que obtuvo tasas de crecimiento de 6,21 ± 0,48% d⁻¹ y 4,21 ± 0,26% d⁻¹ para tetrasporofitos y gametofitos de *G. lemaneiformis*, respectivamente, provenientes de cultivo vía esporas que fueron trozados para realizar un cultivo propagación vegetativa.

Para otras Gracilariales, como es el caso de *G. chilensis*, las ganancias en peso luego de 90 días de cultivo superan los 2.300 g en promedio por inóculo sembrado (prom = 80 g) en sistemas de siembra de fondo (Candia & Núñez, 2006). Otros autores han evaluado el crecimiento vegetativo de *G. lemaneiformis* en distintos sistemas de cultivo a diferentes profundidades, encontrando que a profundidades mayores a 0,5 m son más eficientes (Jiang *et al.*, 2019). Las altas profundidades limitan el crecimiento de *G. lemaneiformis*, pero esta limitación no es significativa a comparación de un crecimiento a nivel superficial, dado que Yang *et al.* (2006) obtuvo una tasa de crecimiento de 11,2% d⁻¹ en profundidades de 1,5 – 2,5 m en ~30 días de cultivo, a comparación de 12,5% d⁻¹ a 0 – 1,0 m de profundidad.

La acuicultura de macroalgas rojas considerada efectiva se encuentra enfocada en sistemas de producción por propagación vegetativa, por su rápida obtención de biomasa y fácil acceso a los recursos empleados (Hayashi *et al.*, 2014). En Perú, la información de cultivo de esta especie es escasa, pero se sabe que se han realizado esfuerzos para establecer un cultivo en 1997 por propagación vegetativa, el cual resultó exitoso (Cisneros *et al.*, 1997), pero hasta la fecha, no se ha realizado algo similar hasta ahora.

CONCLUSIONES

El cultivo por propagación vegetativa de *G. lemaneiformis* en un sistema de fondo resultó eficiente y con altos valores de producción en un tiempo de 70 días.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Subproyecto “Implementación de un plantel de cultivo piloto comercial de *Gracilariopsis lemaneiformis* "pelillo" empleando dos sistemas de cultivo (fondo y suspendido) para su evaluación en el rendimiento de obtención del ficocoloide agar”. Contrato N° 452-2020-PNIPA-SUBPROYECTOS, PNIPA-ACU-SIADE-PP-000785

REFERENCIAS

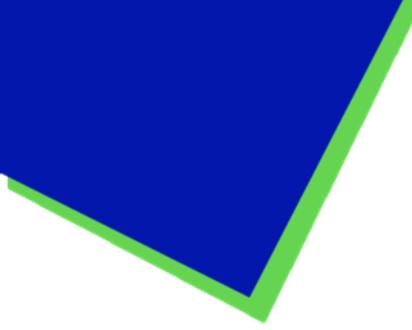
- Alemañ A. E., Robledo D., & Hayashi L. (2019). Development of seaweed cultivation in Latin America: current trends and future prospects. *Phycologia*, 58(5):462–471. <https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1640996>
- Arellano F., Pacheco I. & Correa F. (1999). Variación estacional del rendimiento y calidad de agar de *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson, Acleto et Foldvik, del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 25(1):51–62.
- Candia A. & Núñez M. (2006). Avances en el mejoramiento productivo del cultivo del “pelillo”. Proyecto FDI-Corfo 01 CR3PT-13. Instituto de Fomento Pesquero. Chile, 26pp.
- Chow F., Macchiavello J., Cruz S. S., Fonck E., & Olivares J. (2001). Utilization of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta: Gracilariaceae) as a Biofilter in the Depuration of Effluents from Tank Cultures of Fish, Oysters, and Sea Urchins. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(2):215–220. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2001.tb01098.x>
- Cisneros R., Bautista B. & Santos C. (1997). Cultivo experimental del alga *Gracilariopsis lemaneiformis* en ambiente natural. *Informe progresivo del Instituto del Mar del Perú*, 60: 1-10.
- Fei, X. (2004). Solving the coastal eutrophication problem by large scale seaweed cultivation. *Hydrobiologia* 512, 145–151. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000020320.68331.ce>
- Hayashi L., Bulboa C., Kradolfer P., Soriano G., & Robledo D. (2014). Cultivation of red seaweeds: a Latin American perspective. *Journal of Applied Phycology*, 26(2): 719–727. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0143-z>
- Jiang H., Zou D., Lou W., Chen W., & Yang Y. (2019). Growth and photosynthesis by *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariales, Rhodophyta) in response to different stocking densities along Nan’ao Island coastal waters. *Aquaculture*, 501: 279–284. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.047>

- Kang J. W., Kambey C., Shen Z., Yang Y., & Chung I. K. (2017). The short-term effects of elevated CO₂ and ammonium concentrations on physiological responses in *Gracilariopsis lemaneiformis* (Rhodophyta). *Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1):1–8. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0063-y>
- Ramirez M., & Tapia L. (1991). *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson Acleto & Foldvik en el norte de Chile (Rhodophyta, Gracilariaceae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 64(2):323–330.
- Yang, H., Zhou, Y., Mao, Y., Li, X., Liu, Y., & Zhang, F. (2005). Growth characters and photosynthetic capacity of *Gracilaria lemaneiformis* as a biofilter in a shellfish farming area in Sanggou Bay, China. *Journal of applied phycology*, 17, 199-206. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-6419-1>
- Yang, Y. F., Fei, X. G., Song, J. M., Hu, H. Y., Wang, G. C., & Chung, I. K. (2006). Growth of *Gracilaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese coastal waters. *Aquaculture*, 254(1-4), 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.029>
- Zhou, W., Sui, Z., Wang, J., Hu, Y., Kang, K. H., Kim, H. B., & Niaz, Z. (2016). Mass cultivation of economically important red alga *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariaceae, Rhodophyta) from tetraspores and carpospores. *Aquaculture*, 460, 25-31. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.052>





MERCADOTECNIA



MERCADOTECNIA

Análisis de mercado sobre las exportaciones chilenas del pulpo *Octopus mimus* Gould, 1839 | Market analysis of chilean exports of *Octopus mimus* Gould, 1839

Rodrigo Burgos-Vega, Manuel Rey-Méndez

Crisis reputacional de la acuicultura en España: estudio DAFO, medidas de mejora y acciones estratégicas | Reputational crisis of aquaculture in Spain: SWOT study, improvement measures and strategic actions

Manuel Rey-Méndez, Jacobo Fernández-Casal, Antonio Padín-Álvarez, Miguel Lastres-Couto, Nieves González-Henríquez

Análisis de mercado sobre las exportaciones chilenas del pulpo *Octopus mimus* Gould, 1839

Market analysis of chilean exports of *Octopus mimus* Gould, 1839

Rodrigo Burgos-Vega¹, Manuel Rey-Méndez²

¹Departamento de Bioquímica y Biología Molecular/Instituto de Acuicultura, Fac. Biología-CIBUS, Universidad de Santiago de Compostela. Empresa CET – Chile.

²Departamento de Bioquímica y Biología Molecular/Instituto de Acuicultura, Fac. Biología-CIBUS, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España).

Rodrigo Burgos-Vega   rodrigo@rbvinvest.es

RESUMEN | El pulpo *Octopus mimus* es una especie de alto valor comercial que se distribuye por la costa de América del Sur desde Ecuador a Chile. Genera importantes recursos económicos para la pesca artesanal y transformadora de Chile. La producción mundial de pulpos se situó en el 2020 en torno a las 380.000 t y las capturas chilenas acumuladas en los últimos 10 años fueron de algo más de 20.000 t. Durante el periodo 2010-2020 Chile ha exportado un total de 11.547 t a 42 países, principalmente en formato congelado, siendo España y Portugal los que concentran el mayor volumen de envío. En torno al 46% del total de los envíos se hicieron durante los meses de veda, lo que sugiere que la pesca ilegal de pulpo pueda tener una participación importante. Los precios medios conseguidos por las exportaciones chilenas de pulpo a Europa son más bajos que los precios alcanzados por el mismo producto exportado a países de América del Sur. La información facilitada en este estudio ayuda a aumentar el conocimiento sobre el mercado internacional del pulpo.

Palabras clave |

pulpo,
mercado,
exportación,
pesca ilegal,
precios,
Chile

ABSTRACT | The *Octopus mimus* is a species of high commercial value that is distributed along the South American coast from Ecuador to Chile. It generates important economic resources for artisanal and processing fisheries in Chile. World octopus production in 2020 was around 380,000 t and Chilean catches accumulated over the last 10 years were slightly more than 20,000 t. During the period 2010-2020, Chile has exported a total of 11,547 t to 42 countries, mainly in frozen format, with Spain and Portugal concentrating the largest volume of

shipments. Around 46% of total shipments were made during the restricted months, suggesting that illegal octopus fishing may play an important role. The average prices achieved by Chilean octopus exports to Europe are lower than the prices achieved for the same product exported to South American countries. The information provided in this study contributes to increase knowledge about the international octopus market.

Keywords |

octopus,
market,
export,
illegal fishing,
prices,
Chile

INTRODUCCIÓN

El pulpo es un importante recurso pesquero que desde hace décadas forma parte de la lista de especies candidatas para la acuicultura, lo que ha llevado a muchos países a invertir enormes cantidades de dinero en investigación sobre esta especie. *Octopus mimus* es una especie endémica de la costa de América del Sur que se distribuye desde la Península de Santa Elena en Ecuador hasta la Bahía de San Vicente en Chile (Pliego-Cárdenas *et al.*, 2016). Habita los fondos rocosos desde el intermareal hasta los 30 m de profundidad, donde se alimenta de diferentes tipos de crustáceos, bivalvos, peces y equinodermos (Cortez, Castro and Guerra, 1995; Cardoso, Villegas and Estrella, 2004). *Octopus mimus* es una especie de alto valor comercial en Chile, especialmente en la zona norte del país, que gracias a sus atributos biológicos y perspectivas económicas es considerada una especie candidata para la acuicultura chilena (Uriarte *et al.*, 2011), lo que ha impulsado una amplia variedad de estudios sobre su biología, reproducción, desarrollo larval, hábitos alimenticios, comportamiento y cultivo experimental (Zúñiga, Olivares and Rosas, 2014). El comercio internacional de los cefalópodos y en particular del pulpo es una compleja red de movimientos en la que participan numerosos actores que canalizan el flujo de mercancías con base en precios y volúmenes (Ospina-Alvarez *et al.*, 2022). Los estudios económicos y mercados sobre *O. mimus* son prácticamente inexistentes. El objetivo de este trabajo es conocer la evolución de los precios de exportación y formatos de ventas del pulpo *O. mimus*, que pueda ayudar a la evaluación económica de futuros emprendimientos con esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron las series históricas de comercio exterior de *O. mimus*, desde el año 2010 al 2020, utilizando las estadísticas oficiales solicitadas al Servicio Nacional de Aduanas de Chile. Paralelamente se analizaron las series históricas de comercio exterior de Europa (Eurostat), las estadísticas pesqueras oficiales de Chile y las bases de datos de producción de pesca y acuicultura de la FAO (FAO-FishStatJ, 2022). Los cálculos de consumo aparente per cápita y balanza comercial

se realizaron de acuerdo a la metodología utilizada por el Observatorio Europeo de la Pesca y Acuicultura (EUMOFA, 2022).

RESULTADOS

Las capturas mundiales de pulpos se han incrementado sustancialmente desde 1950, alcanzando a día de hoy en torno a las 380.000 t (Figura 1). Asia y África aportan un poco más del 83% de la producción mundial, mientras que las capturas en Europa muestran un descenso continuado desde 1990, aportando actualmente un 5,9%, teniendo América una tendencia positiva de crecimiento desde los años 80 y contribuyendo actualmente con el 10,5%. El consumo aparente per cápita mundial de pulpos en los últimos 50 años ha variado entre los 36,2 a 59,8 g/persona/año, situándose en el 2020 en 48,1 g/persona/año (Figura 2).

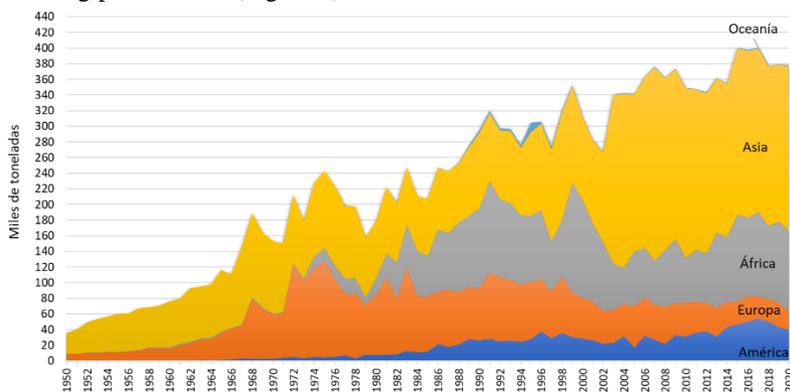


Figura 1. Captura y producción acuicultura de pulpo a nivel mundial. Fuente: Elaboración propia con base en las estadísticas de pesca y de la acuicultura de la FAO (FAO-FishStatJ, 2022).

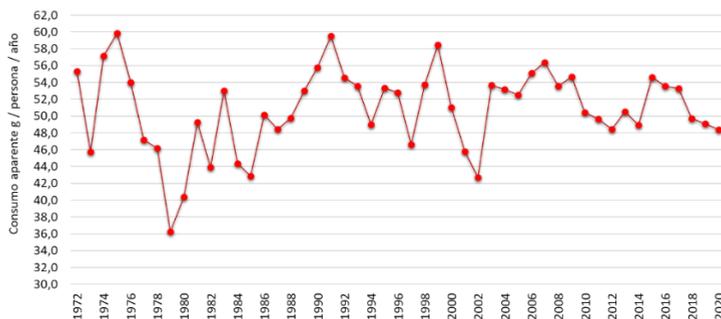


Figura 2. Consumo aparente per cápita mundial de pulpo (gr/persona/año). Fuente: Elaboración propia con base en las estadísticas de pesca y de la acuicultura de la FAO y las estadísticas de la población mundial del Banco Mundial (Banco Mundial, 2020; FAO-FishStatJ, 2022).

Octopus mimus es una de las especies de pulpo más explotada de la costa chilena, principalmente en las Regiones I, II y III, en la zona norte del país. De acuerdo con las estadísticas pesqueras nacionales, en el 2019 las capturas de *O. mimus* fueron de 2.708 t, de las cuales la II Región concentró el 59,1% (Figura 3). El consumo aparente per cápita de *O. mimus* en Chile ha subido desde los 16,3 g/persona/año en el 2010, hasta los 83,2 g/persona/año en el 2019. No obstante, y en términos globales, si además incluimos el consumo de *Enteroctopus megalocyathus*, especie que se captura en el sur de Chile, podemos ver que el consumo aparente total subió de los 28,7 g/persona/año en el 2010 hasta 106,8 g/persona/año en el 2019 (Figura 4).

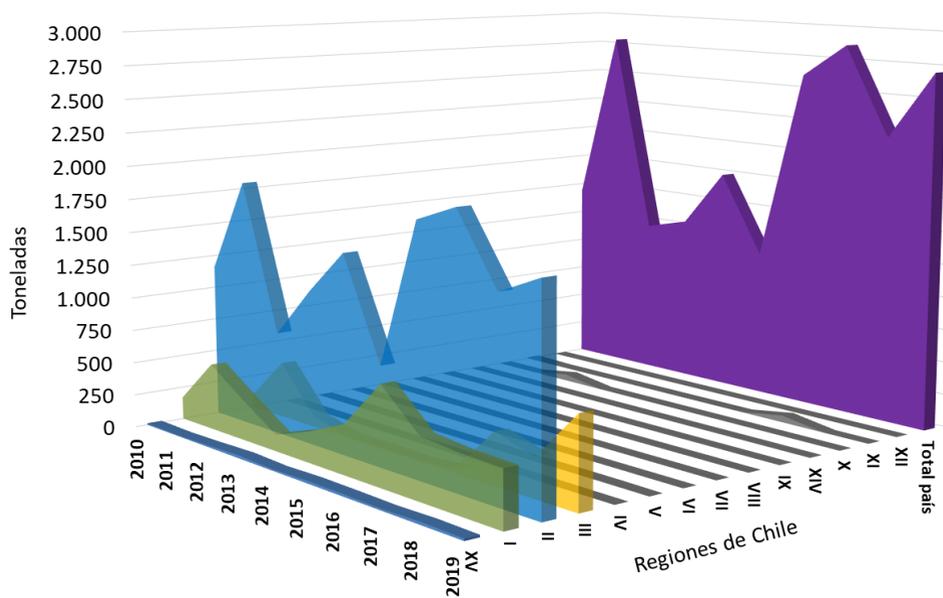


Figura 3. Capturas de pulpo del norte *O. mimus* desde el 2010 al 2019 en cada una de las Regiones en la que se divide administrativamente Chile. Fuente: Elaboración propia con base en los anuarios estadísticos de SERNAPESCA 2010-2019 (SERNAPESCA, 2020)

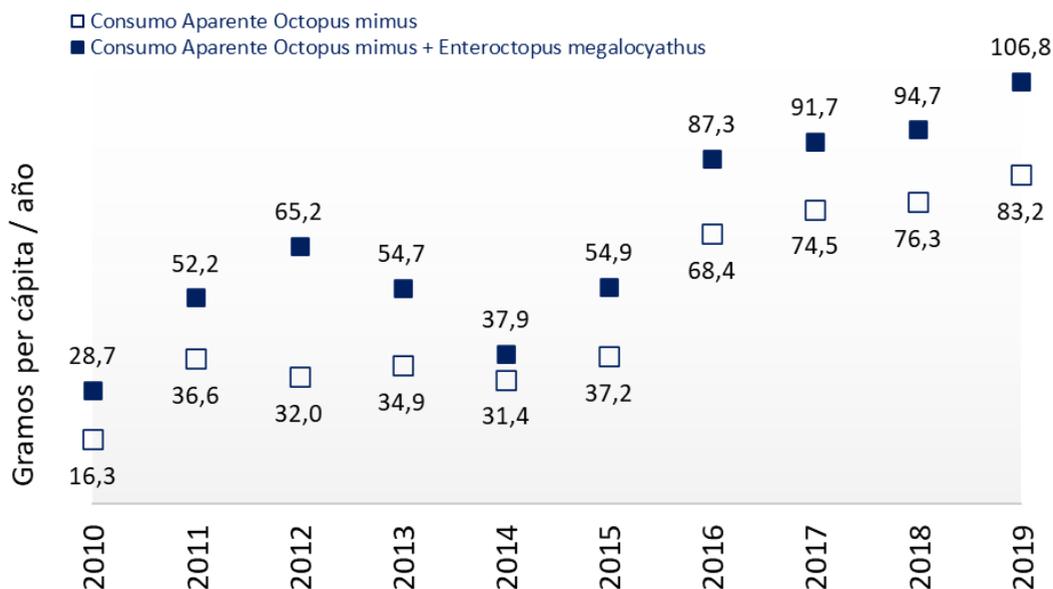
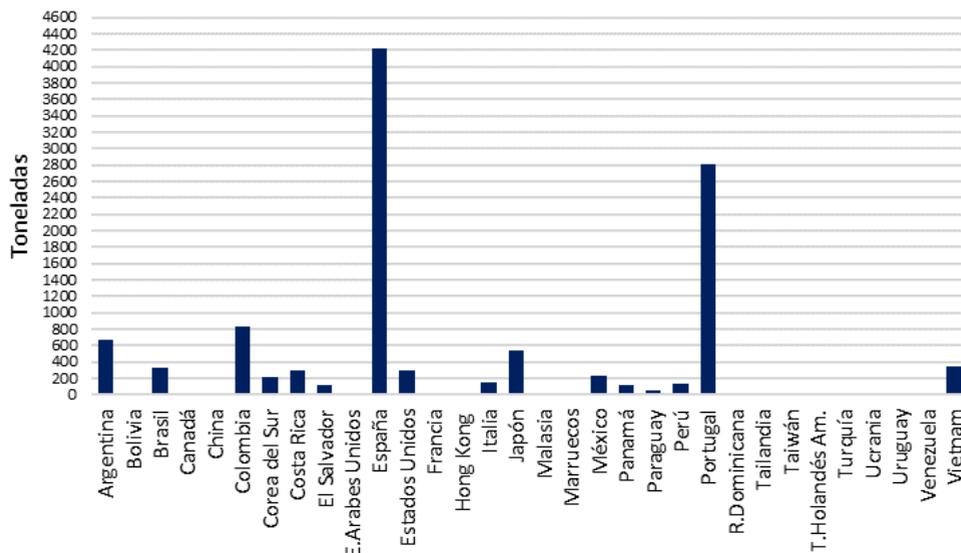


Figura 4. Evolución del consumo aparente de *O. mimus* (g/persona/año) y de *O. mimus* + *Enteroctopus megalocyathus* en Chile desde 2010 al 2019. Elaboración propia con base en los anuarios estadísticos de SERNAPESCA 2010-2019 (SERNAPESCA, 2020).

De acuerdo con las estadísticas de comercio exterior, Chile ha exportado *O. mimus* a 42 países alcanzado envíos totales de 11.547 t en el periodo 2010-2020, siendo España y Portugal los principales importadores del pulpo del norte, con un volumen total acumulado de 4.223 t y 24,8 millones USD en valor con España, y de 2.804 t y un valor de 15,3 millones USD comercializados con Portugal. En América del Sur (AdS) los principales destinos son: Argentina, Brasil y Colombia, cuyos envíos en conjunto fueron de 1.834 t con un desembolso total de 10,8 millones de USD (Figura 5). El principal formato de venta es el pulpo entero-congelado, aunque hay algunas otras presentaciones con mayor valor agregado, como el *carpaccio*, que difícilmente supera los 1.000 kg por envío (Figura 6).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
Total toneladas Exportadas	1.160,1	2.161,3	663,0	690,4	1.186,2	473,2	1.369,3	1.490,8	764,2	1.132,0	456,0	11.547
% de las capturas exportadas	80,7%	77,4%	54,3%	52,9%	68,1%	41,4%	52,4%	52,0%	34,8%	41,8%	S.D.	-

Figura 5. Exportación acumulada en volumen, durante el periodo 2010-2020, de *Octopus mimus* por país y en todos sus formatos de venta. La tabla de datos indica las toneladas exportadas y el porcentaje que representa de las capturas totales. Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos solicitados al Servicio Nacional de Aduanas de Chile.

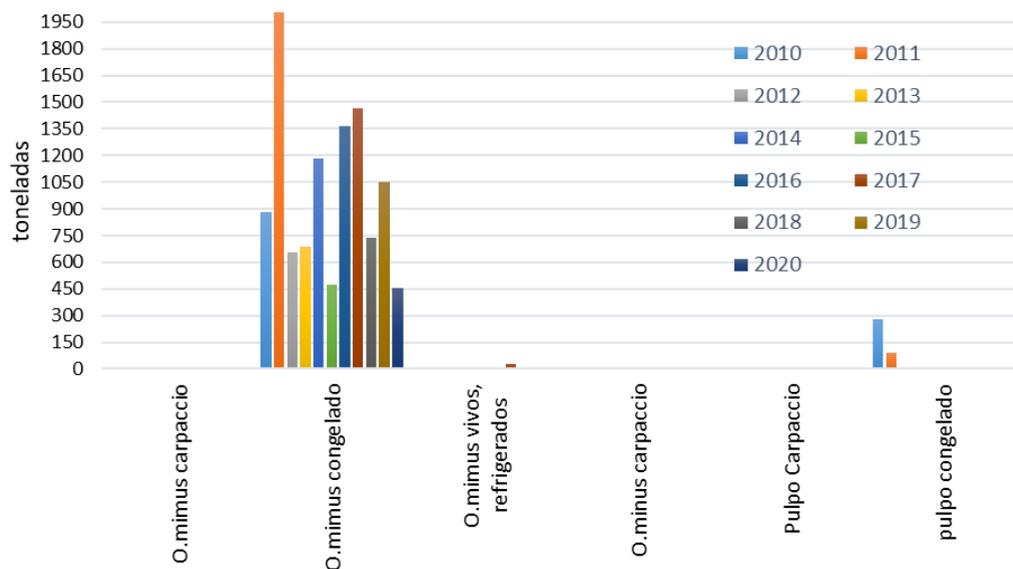


Figura 6. Exportaciones en volumen de *Octopus mimus* por formato de venta en el periodo 2010 - 2020. Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos solicitados al Servicio Nacional de Aduanas de Chile.

Las exportaciones de *O. mimus* se realizaron prácticamente durante todos los meses del año en el periodo comprendido entre el 2010-2020, con volúmenes variables durante el año. Hay dos periodos que concentran la mayor parte de los envíos, uno es entre abril-julio y otro entre septiembre-diciembre. Ambos coinciden con las estaciones del año en la que aumenta notablemente el consumo de pescados y mariscos en Europa (Figura 7).

Los periodos de veda que existen en Chile para *O. mimus*, no parecen influir sobre el volumen de las exportaciones. En efecto, el 46% del total de las exportaciones acumuladas en el periodo 2010-2020, equivalentes a 5.298 t, se realizaron en los meses en veda. Los resultados de la figura 7, sobre las estadísticas de Aduanas, sugieren que una parte de las exportaciones pueden estar soportadas por la pesca ilegal de pulpo.

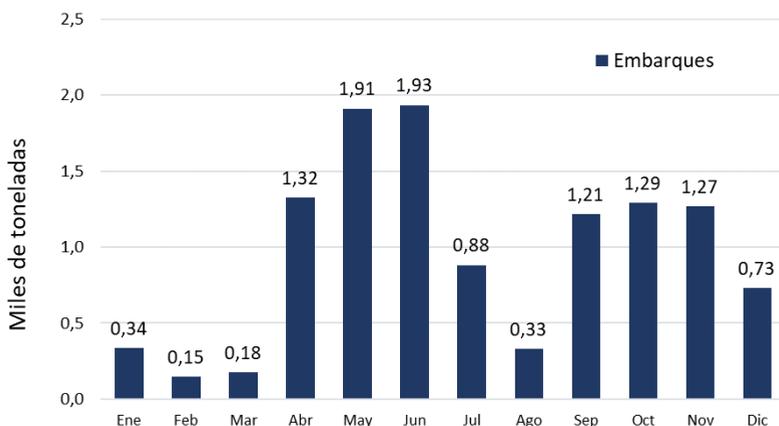


Figura 7. Distribución de los envíos acumulados por mes de *Octopus mimus* entre el 2010 – 2020, indicando los periodos de veda de acuerdo al Decreto Ex. 254/2000 (SUBPESCA, 2000). Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos solicitados al Servicio Nacional de Aduanas de Chile.

El pulpo *O. mimus* es enviado al extranjero por puertos del norte y centro-sur del país. En torno al 42% de los embarques totales acumulados en el periodo 2010-2020 se han hecho por puertos de la zona norte del país, ubicados en las Regiones I y II; siendo el puerto de Antofagasta (II Región) el de mayor desempeño con un 40,07% del total nacional de los envíos equivalentes a 4.625,9 t y 26,8 millones de USD, mientras que el 58% restante fue enviado por los puertos de la zona centro-sur del país, destacando el puerto de Valparaíso el cual concentra el 45,8% de los envíos totales del país, con un volumen equivalente a 5.287 t y 32,7 millones de USD en valor (Figura 8).



Figura 8. Distribución de los embarques acumulados de *Octopus mimus* por los puertos de la zona norte y centro-sur del país en el periodo 2010-2020. Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos solicitados al Servicio Nacional de Aduanas de Chile.

América del Sur (AdS), después de Europa, es el segundo destino más importante para los envíos de *O. mimus* en volumen y valor. Desde el 2016 los envíos a Europa muestran un descenso continuado de las exportaciones. Por otra parte, las exportaciones a AdS muestran una alta variación en los volúmenes de un año a otro. En la figura 9 se puede observar, además, la distribución de los precios de exportación por año, pagados por el pulpo *O. mimus* en formato entero-congelado. En la distribución se observa una alta variabilidad que puede ser debida al volumen de la partida, la talla del pulpo, empaque, negociación entre importador y exportador, etc. No obstante, los precios medios de los envíos a AdS son más altos que los precios obtenidos por los envíos a Europa (Tabla 1).

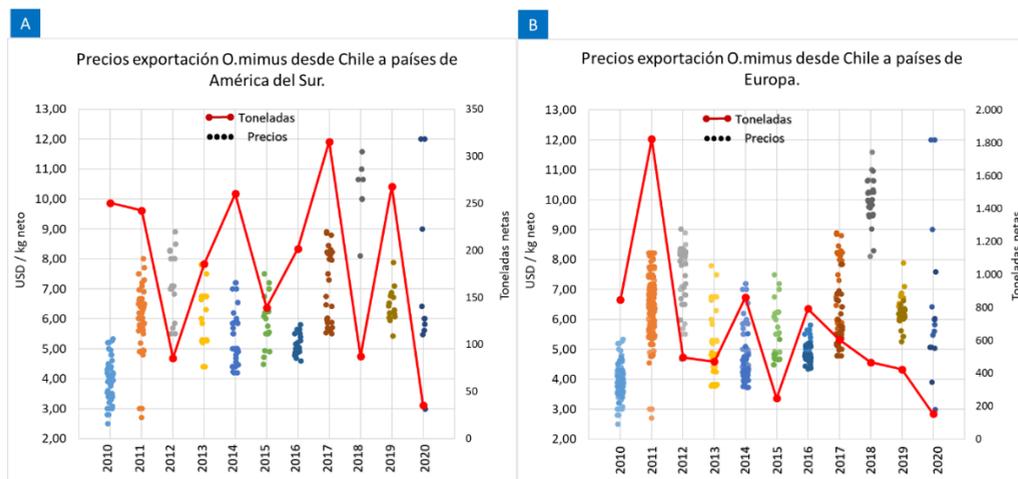


Figura 9. Distribución de precios de exportación en USD/kg (nube de puntos) y volumen en toneladas (línea) de *Octopus mimus* en el periodo 2010-2020. A: Exportación a países de América del Sur. B: Exportación a países de Europa (No incluye a Reino Unido). Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos de la Unión Europea (EUROSTAT, 2022) y las estadística de comercio exterior solicitados al Servicio Nacional de Aduanas - Chile.

Tabla 1. Volumen exportado (t) y precios promedios (FOB: USD/kg) alcanzados por *Octopus mimus* en formato congelado en el periodo 2010-2020 exportados a países de América del Sur (AdS) y la Comunidad Europea (No incluye a Reino Unido). Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos de la Unión Europea (EUROSTAT, 2022) y las estadística de comercio exterior solicitados al Servicio Nacional de Aduanas - Chile.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
T	250,3	242,45	85,56	185,7	260,1	139,18	201,69	315,4	87,38	267,97	250,3
AdS	4,76	6,74	7,22	6,15	8,11	5,95	5,13	8,01	10,28	7,77	7,13
T	845,94	1.823,43	497,29	470,8	861,14	247,77	791,06	604,41	466,32	423,84	153,31
EU	3,89	6,62	7,43	4,33	4,29	4,75	4,77	5,75	9,91	6,11	5,67

Europa continuará importando elevados volúmenes de pulpo para satisfacer su demanda interna, impulsada, por una parte, por su elevado consumo aparente per cápita anual, el cual, duplica al observado en el mercado chileno (Figura 10). Por otra parte, es probable que la industria transformadora europea esté utilizando otras especies más pequeñas y baratas, como *O. mimus*, para sostener sus exportaciones de pulpo a otros continentes. La balanza comercial de pulpo de la UE, a partir del 2009, comenzó a ser positiva solo con América del Norte en volumen y valor. África es el principal proveedor de pulpo común *O. vulgaris* a Europa, desde donde importó solo en el 2019 más de 60.000 t. La balanza comercial europea con el resto de los continentes es negativa, siendo en volumen de casi -100.000 t y de más de -750 millones de euros en valor (Figura 11).

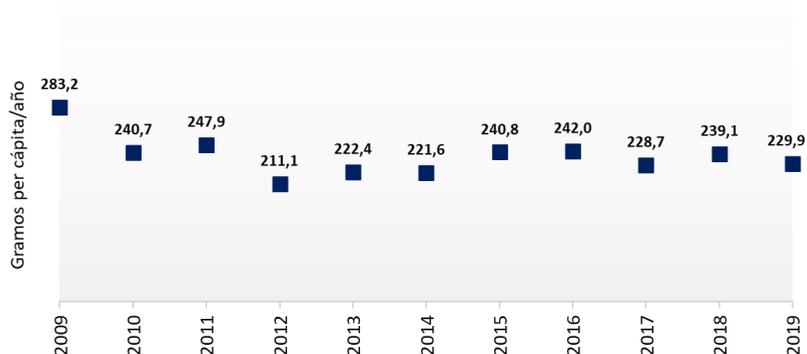


Figura 10. Evolución del consumo aparente de pulpo (g/persona/año) en Europa (Incluye a Reino Unido) desde 2009 al 2019. Elaboración propia con base en los datos estadísticos de la Unión Europea (EUROSTAT, 2022).

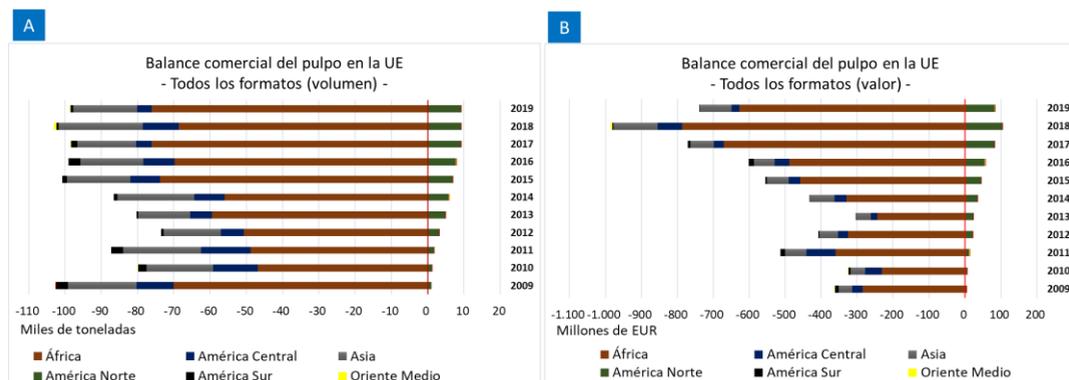


Figura 11. Balanza comercial del pulpo en Europa en volumen y valor desde 2009 al 2019. A: Balance en miles de toneladas. B: Balances en millones de euros. Fuente: Elaboración propia con base en los datos estadísticos de comercio exterior de la Unión Europea (EUROSTAT, 2022).

DISCUSIÓN

La pesquería mundial del pulpo se sustenta básicamente en la explotación de las especies pertenecientes a las familias Octopodidae, Enteroctopodidae y Eledonidae. La gran mayoría de ellas son especies de aguas someras, distribuidas principalmente en arrecifes litorales y áreas protegidas. De acuerdo con las estadísticas pesqueras de la FAO, las capturas mundiales de pulpos han crecido constantemente durante los últimos 70 años, probablemente debido a una mayor presión pesquera, mejora en las artes de pesca y la explotación de nuevas especies que se han incorporado a la parrilla de especies explotadas. No obstante, estas estadísticas deberían ser tomados con cautela, ya que en muchos casos las capturas de pulpos han estado infra contabilizadas (Sauer *et al.*, 2021).

Los principales problemas asociados con los datos estadísticos incluyen las dificultades taxonómicas que hay en muchos países para diferenciar entre las distintas especies de cefalópodos, incluyendo a los pulpos en las capturas totales de este grupo, pero sin diferenciarlos. A este punto se suman los fallos que hay en muchos lugares del mundo para recolectar los datos, dada la enorme dispersión geográfica de las zonas de pesca, además de las capturas de pulpos que realiza la pesca artesanal como medio de subsistencia y que son consumidos rápidamente en pequeños mercados locales. Asimismo, las estadísticas de capturas de pulpo facilitadas por muchos países parecen basarse principalmente en estimaciones procedentes de las exportaciones. Los datos de exportación suelen ser equivalentes, o incluso superiores, a las estimaciones de producción total. Estas estimaciones aproximadas de la producción de pulpo excluyen el consumo interno, que para algunos países es significativo (FAO, 2016). La evolución del consumo aparente mundial de pulpo, calculado con base en las estadísticas de la FAO, muestra cierta estabilidad en la oferta en los últimos años con un valor actual de 48,4 g/persona/año. El aumento de un solo gramo en el consumo aparente, implicaría el aumento de unas 7.800 t en las capturas mundiales de pulpo.

En Chile hay dos especies de pulpo que se explotan intensamente: *O. mimus* y *E. megalocyathus* pertenecientes a las familias Octopodidae y Enteroctopodidae, respectivamente. *O. mimus*, conocida localmente como pulpo del norte, es capturada exclusivamente en las primeras cinco regiones del norte del país (XV, I, II, III y IV), siendo la Segunda Región la principal zona pesquera. La pesquería del pulpo del norte está pobremente documentada. Entre 1978 y 1982 los desembarques de *O. mimus* en las regiones del norte fueron menores a 100 t y desde 1983 a 1999 las capturas alcanzaron una media anual de 3.397 t, con un pico máximo de 4.877 t en 1998 (Defeo and Castilla, 1998; Rocha and Vega, 2003). Estas capturas fueron muy superiores a las registradas en el periodo 2010-2020. La variación en las capturas anuales podría estar relacionada con la propia biología de la especie, eventos oceanográficos; como el fenómeno del niño (Defeo and Castilla, 1998), mayor presión pesquera o fallos en la recopilación de los datos de captura.

Es indudable que el consumo aparente de pulpo en Chile ha subido en más de cinco veces desde el 2010 al 2020. En general, el consumo aparente per cápita de productos del mar en el país ha crecido durante los últimos años, situándose en el 2020 en 15,8 kg/persona/año (SUBPESCA, 2022), cantidad aún muy por debajo de los 20 kg/persona/año recomendado por la FAO (FAO, 2022). El aumento en el consumo de productos del mar puede estar relacionado con factores tales como: una mejor percepción por los consumidores chilenos sobre las propiedades nutricionales y beneficios para la salud, así como la puesta en marcha de algunos planes estratégicos del Gobierno para impulsar el consumo de pescados, como el programa “del mar a mi mesa” (SUBPESCA, 2018), sin olvidar la fuerte entrada en Chile en los últimos años de la cocina y restauración peruana (Imilan, 2014), que utiliza el pulpo en una gran variedad de platos.

Los principales mercados para el pulpo de norte en el exterior fueron España y Portugal en formato congelado en el periodo 2010-2020. La exportación de *O. mimus* ha sido la principal fuente de ingresos para el sector pesquero artesanal de la zona de Antofagasta desde la década de los años 80 a los 90, en la que los envíos se multiplicaron casi por 9 (Defeo and Castilla, 1998) siendo los principales destinos España, Argentina, Estados Unidos, Japón y Taiwán con formatos congelados casi en su totalidad (Rocha and Vega, 2003). Chile y Perú compiten fuertemente por el mismo segmento de mercado en Europa con *O. mimus* congelado. Durante el periodo 2010-2020, Chile exportó *O. mimus* a 42 países, concentrando el 61% de sus envíos en España y Portugal con un volumen total de 7.026 t, mientras que, Perú exportó *O. mimus* a 32 países, concentrando el 59% de sus envíos en España y Portugal, con un volumen total de 7.680 t (Burgos-Vega, 2022 – datos no publicados).

Las exportaciones de *O. mimus* se realizaron durante todos los meses del año en el periodo 2010-2020, concentrando los mayores volúmenes de envío en los meses de abril-julio y septiembre-diciembre. En junio del 2000 se publicó el Decreto Exento 254, por el cual se estableció una veda biológica para *O. mimus* para las cinco regiones del norte de Chile. La veda prohíbe la captura, comercialización y almacenamiento entre el 1 de junio al 31 de julio, ambas fechas inclusive, y entre el 1 de noviembre al 28 de febrero del año siguiente (SUBPESCA, 2000); no obstante, algo más del 46% de total exportado (5.298 t) se hizo en los meses en veda, lo que sugiere que parte importante de los envíos puedan estar compuestos por pesca ilegal. Los recursos materiales y humanos con los que cuenta el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) probablemente no son suficientes para controlar la pesca ilegal de pulpos. El Sernapesca sabe que la forma de actuar de algunos traficantes consiste en alquilar casas en varias partes de la ciudad donde congelan los pulpos capturados durante los periodos de veda, para luego trasladar todo el cargamento a las plantas de proceso, a los pocos días de acabar la veda.

Por otra parte, el sistema de trazabilidad para productos pesqueros y de acuicultura, puesto en

marcha por el gobierno en el 2017 (SUBPESCA, 2017), es una plataforma informática que busca reducir la pesca ilegal, no obstante, hay muchos pescadores artesanales que no tienen la formación necesaria para entrar en el sistema, entregando sus claves a los intermediarios quienes introducen volúmenes de capturas sobredimensionados con lo que blanquean el pulpo capturado durante el periodo de veda, convirtiendo así a algunos pescadores en “super-pescadores” con altas tasas de capturas en poco días, lo que se aleja completamente de la realidad. El pulpo del norte se captura principalmente mediante buceo semiautónomo (hookah) utilizando un gancho metálico que introducen entre las rocas donde se enconde el pulpo. En un estudio de las principales zonas de pesca en el norte de Chile, se determinó que el rendimiento máximo de captura para el pulpo fue de 11,2 kg/hora-buceo en julio y de 3,4 kg/hora-buceo en octubre. Esta disminución aparece justo antes de comenzar la veda (IFOP, 1998). Por otra parte, los embarques de pulpo congelado al mercado internacional se hicieron por puertos de la zona norte y centro-sur del país. En el norte, el principal puerto de envío fue el puerto de Antofagasta con el 40,06% del total de los envíos, mientras que el puerto de Valparaíso, distante unos 1.300 km, concentró el 45,78% de los embarques, lo que sugiere que parte importante de las capturas son transportadas a plantas procesadoras de otras regiones del país. De acuerdo a los registros de plantas procesadoras y congeladoras de moluscos de Sernapesca, desde Antofagasta al norte hay 7 plantas con autorización sanitaria para exportar a Europa y otras 6 plantas no autorizadas, mientras que, desde el sur de Antofagasta hasta Valparaíso, hay 18 plantas con autorización sanitaria para exportar a Europa y 21 plantas sin autorización de exportación (SERNAPESCA, 2022).

Durante el periodo 2010-2020 Chile exportó un total acumulado de 11.547 t, principalmente a Europa y en segunda posición a países de América del Sur, alcanzando mejores precios medios en el mercado sudamericano. *Octopus mimus* es una especie sustituta de *O. vulgaris* en el mercado europeo y por tanto, siempre estará por debajo de los precios alcanzados por *O. vulgaris* importado desde el norte de África, el cual marca la escala de valorización para las otras especies importadas. En el 2018 se observó un importante aumento del precio del pulpo debido a la combinación de una oferta reducida y una alta demanda en el mercado internacional, impulsando el precio de *O. vulgaris* importado a Europa a 11,59 USD/kg (EUMOFA, 2020). En el mismo año, el precio alcanzado por *O. mimus* exportado a Europa y AdS fue de 9,91 USD/kg y 10,28 USD/kg, respectivamente. Europa en el 2020 fue el mayor mercado mundial para los productos de la pesca y acuicultura, después de China. Este mercado importa enormes volúmenes de pulpo para cubrir su consumo interno, que en términos de consumo aparente se mueve en torno a los 237 g/persona/año (Figura 10). No obstante, no todos los países europeos consumen pulpo habitualmente. España, Portugal, Italia y Grecia, son los 4 principales consumidores de pulpo en Europa, cuyos consumos aparentes en el 2017 fueron de 673, 1503, 1187 y 862 gr/persona/año, respectivamente (EUMOFA, 2020). La enorme demanda europea por cefalópodos y especialmente por pulpos, se refleja en la abultada diferencia negativa de su balanza comercial, que en términos globales e incluyendo todos los productos de la pesca y

acuicultura para consumo humano fue de -17.200 millones de euros en el 2020 (EUMOFA, 2022).

Chile actualmente cuenta con 32 Tratados de Libre Comercio (TLC) y en varios de estos TLC los productos del mar, y el pulpo en particular, están libres del pago de aranceles aduaneros, entre ellos con la Unión Europea (CE/979, 2002), países miembros del Mercosur, Estados Unidos, Corea del Sur, Centroamérica, Alianza Pacífico, Hong Kong, China y Japón (SUBREI, 2022), lo que puede ayudar a incrementar las exportaciones de pulpo en el futuro. No obstante, es imprescindible que Chile avance en la diferenciación de su producto (ProChile, 2011), mejorando su regulación pesquera, como por ejemplo, a la utilizada en Galicia (Pita *et al.*, 2021), con límites diarios de capturas por persona o embarcación, e implementar nuevos artes de pesca más respetuosos con la integridad del animal y el medio ambiente (Rey-Méndez, 2015). No hay duda de que uno de los grandes desafíos a futuro es la lucha contra la corrupción y la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (“IUU”), la cual puede crecer de forma paralela con el aumento de la demanda mundial de los cefalópodos, especialmente en los países en desarrollo, como Chile (Ospina-Alvarez *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Las capturas mundiales de pulpo han crecido fuertemente en los últimos 70 años, de acuerdo con las estadísticas pesqueras de la FAO. A pesar de que la evolución y el volumen registrado en estos datos tienen un alto grado de incertidumbre, hoy en día es la mejor herramienta de la que disponemos para analizar la evolución de la pesca y la acuicultura mundial de cualquier especie. Es indudable que *O. mimus* es una especie de alto valor comercial para el sector de la pesca artesanal en el norte de Chile con un mercado nacional e internacional importante, lo que anima a proponer a esta especie como un serio candidato para la diversificación de la acuicultura chilena. Actualmente hay una enorme cantidad de estudios sobre *O. mimus*, lo que ha mejorado sustancialmente el conocimiento sobre su biología, hábitat, reproducción, alimentación y sistemas de cultivo, entre otros. No obstante, muy pocos esfuerzos se han invertido en aumentar el conocimiento en los ámbitos económicos, mercados, cadenas de valor, cadenas de proveedores y modelos de negocio, los cuales deberían ser atendidos en el futuro. La corrupción y pesca ilegal que existe sobre este recurso en Chile debería ser solucionada con urgencia.

REFERENCIAS

- Banco Mundial (2020) Población total. Available at: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>.
- Cardoso, F., Villegas, P. and Estrella, C. (2004) ‘Observaciones sobre la biología de *Octopus mimus* (Cephalopoda: Octopoda) en la costa peruana’, *Revista Peruana de Biología*, 11(1), pp. 45–50. doi:10.15381/rpb.v11i1.2432.

- CE/979 (2002) ‘Decisión del Consejo. Relativa a la firma y a la aplicación provisional de determinadas disposiciones del Acuerdo por el que se establece una asociación entre la Comunidad Europea y sus Estados miembros, por una parte, y la República de Chile, por otra’, DOCE, (979), pp. 1–2.
- Cortez, T., Castro, B.G. and Guerra, A. (1995) ‘Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters’, *Marine Biology*, 123(3), pp. 497–503. doi:10.1007/BF00349228.
- Defeo, O. and Castilla, J. Carlos (1998) ‘Harvesting and economic patterns in the artisanal *Octopus mimus* (Cephalopoda) fishery in a northern Chile cove’, *Fisheries Research*, 38(2), pp. 121–130. doi:10.1016/S0165-7836(98)00155-6.
- EUMOFA (2020) ‘El pulpo en la UE - Caso práctico’. Comisión Europea, p. 52. doi:10.2771/11532.
- EUMOFA (2022) El mercado pesquero de la UE. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. doi:10.2771/624824.
- EUROSTAT (2022) International trade in goods. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/international-trade-in-goods>.
- FAO-FishStatJ (2022) ‘FishStatJ - Estadísticas de pesca y acuicultura. Producción mundial de acuicultura 1950-2020.’, FAO - Div. Pesca y Acuicultura. Actualización 2020 [Preprint]. Roma. Available at: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/es.
- FAO (2016) Cephalopods of the World - An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date, FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. Edited by P. Jared et al. Available at: www.fao.org/publications.
- FAO (2022) El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul., FAO. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032%0A>.
- IFOP (1998) Análisis de la pesquería de los recursos lapa, jaiba y pulpo de la III y IV Regiones., Inf. Téc. FIP. Subsecretaría de Pesca - Chile. Available at: <https://www.subpesca.cl/fipa/613/w3-article-89582.html>.
- Imilan, W.A. (2014) ‘Restaurantes peruanos en Santiago de Chile: Construcción de un paisaje de la migración’, *Revista de Estudios Sociales*, (48), pp. 15–28. doi:10.7440/res48.2014.02.
- Ospina-Alvarez, A., de Juan, S., Pita, P., Ainsworth, G., Matos, F., Pita, C., and Villasante, S. (2022) ‘A network analysis of global cephalopod trade’, *Scientific Reports*, 12(1), pp. 1–14. doi:10.1038/s41598-021-03777-9.
- Pita, C., Roumbedakis, K., Fonseca, T., Matos, F., Pereira, J., Villasante, S., Pita, P., Bellido, M., Gonzalez, A., García-Tasande, M., Lefkaditou, E., Adamidou, A., Cuccu, D., Belcari, P., Moreno, A. and Pierce, G. (2021) ‘Fisheries for common octopus in Europe: socioeconomic importance and management’, *Fisheries Research*, 235(December 2020). doi:10.1016/j.fishres.2020.105820.
- Pliogo-Cárdenas, R., Flores, L., Markaida, U., Barriga-Sosa, I., Mora, E. and Arias, E. (2016) ‘Genetic evidence of the presence of *Octopus mimus* in the artisanal fisheries of octopus in Santa Elena Peninsula, Ecuador’, *American Malacological Bulletin*, 34(1), pp. 51–55. doi:10.4003/006.034.0102.
- ProChile (2011) Estudio de Mercado pulpo congelado en España. Available at: https://acceso.prochile.cl/wp-content/files_mf/documento_05_10_11190007.pdf.
- Rey-Méndez, M. (2015) ‘Cultivo de pulpo: una alternativa en la producción a pequeña escala’, Libro del VII Foro Iberoamericano de los Recursos Costeros y la Acuicultura, 7(February), pp. 179–

192. Available at: <https://firmaonline.org/xifirma/libros-antteriores/>.
- Rocha, F. and Vega, M.A. (2003) 'Overview of cephalopod fisheries in Chilean waters', *Fisheries Research*, 60(1), pp. 151–159. doi:10.1016/S0165-7836(02)00080-2.
- Sauer, W., Gleadall, I., Downey-Breedt, N., Doubleday, Z., Gillespie, G., Haimovici, M., M. Ibáñez, C., Katugin, O., Loporati, S., Lipinski, M., Markaida, U., Ramos, J., Rosa, R., Villanueva, R., Arguelles, J., Briceño, F., Carrasco, S., Che, L., Chen, Ch., Cisneros, R., Conners, E., Crespi-Abril, A., Kulik, V., Drobyazin, E., Emery, T., Fernández-Álvarez, F., Furuya, H., González, L., Gough, Ch., Krishnan, P., Kumar, B., Leite, T., Lu, Ch., Mohamed, K., Nabhitabhata, J., Noro, K., Petchkamnerd, J., Putra, D., Rocliffe, S., Sajikumar, K., Sakaguchi, H., Samuel, D., Sasikumar, G., Wada, T., Zheng, X., Tian, Y., Pang, Y., and Yamrungrueng, A. (2021) 'World Octopus Fisheries', *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 29(3), pp. 279–429. doi:10.1080/23308249.2019.1680603.
- SERNAPESCA (2020) Anuarios estadísticos de pesca y acuicultura. Available at: <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura>.
- SERNAPESCA (2022) Listado de instalaciones. Available at: <http://www.sernapesca.cl/manuales-publicaciones/listados> (Accessed: 10 December 2022).
- SUBPESCA (2000) 'D.Ex 254/2000. Establece veda biológica para recurso pulpo en área y periodo que indica.' Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción - Subsecretaría de Pesca, pp. 1–3.
- SUBPESCA (2017) Res.Ex. 2523/2017. Establece obligatoriedad de uso del sistema de trazabilidad y fija gradualidad de implementación; delega el ejercicio de facultad propia que indica; y deja sin efecto resolución n° 793 exenta, de 2016.
- SUBPESCA (2018) Del mar a mi mesa. Plan estratégico para aumentar el consumo de productos del mar en Chile. Available at: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>.
- SUBPESCA (2022) Noticias - Día Mundial de la Alimentación: Subpesca informa que chilenos y chilenas consumen 15,8 kilos per cápita de productos del mar. Available at: <https://www.subpesca.cl/portal/617/w3-article-112492.html#:~:text=Los 15%2C8 kilos per,-aportaron 1%2C3 kilos>.
- SUBREI (2022) Chile y comercio exterior. Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales. Available at: <https://www.subrei.gob.cl/> (Accessed: 10 December 2022).
- Uriarte, I., Iglesias, J., Domingues, P., Rosas, C., Viana, M., Navarro, J., Seixas, P., Vidal, E., Ausburger, A., Pereda, S., Godoy, F., Pachke, K., Farías, A., Olivares, A. and Zúñiga, O. (2011) 'Current Status and Bottle Neck of Octopod Aquaculture: The Case of American Species', *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(6), pp. 735–752. doi:10.1111/j.1749-7345.2011.00524.x.
- Zúñiga, Ó., Olivares, A. and Rosas, C. (2014) '*Octopus mimus*', in Iglesias, J., Fuentes, L., and Villanueva, R. (eds) *Cephalopod culture*. Springer, pp. 397–413.

Crisis reputacional de la acuicultura en España: estudio DAFO, medidas de mejora y acciones estratégicas

Reputational crisis of aquaculture in Spain: SWOT study, improvement measures and strategic actions

Manuel Rey-Méndez^{1*}, Jacobo Fernández-Casal²,
Antonio Padín-Álvarez³, Miguel Lastres-Couto⁴,
Nieves González-Henríquez⁵

¹Departamento de Bioquímica y Biología Molecular/Instituto de Acuicultura, Universidad de Santiago de Compostela, A Coruña, España,

²Investigador Senior, vicepresidente de Foro Acui, O Grove, Pontevedra, España,

³Instituto de Investigaciones Marinas (IIM-CSIC), Vigo, Pontevedra, España,

⁴Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGAFA), Illa de Arousa, Pontevedra, España,

⁵Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España

Manuel Rey-Méndez   manuel.rey.mendez@usc.es

RESUMEN | La acuicultura a nivel mundial siempre ha tenido problemas reputacionales debido, entre otros, a aspectos medioambientales (alimentación, escapes, huella de carbono, impactos sobre fondos marinos y efectos sobre la biodiversidad, uso de piensos medicados, bienestar animal, gestión de residuos, ...). Muchos de estos problemas han sido resueltos en gran parte y, en los que no fue posible, se está trabajando activamente para solucionarlos. En todo caso, está claro que la acuicultura es fundamental para la seguridad alimentaria de la población mundial ya que la pesca lleva años manteniendo una producción estable que supone, actualmente, menos que la producción por acuicultura, así como un impacto económico muy favorable especialmente en comunidades locales y en zonas geográficamente deprimidas. Pero hay nuevos aspectos reputacionales que están tomando mucha importancia en los últimos tiempos y que se relacionan con nuevas especies, especialmente el pulpo que después de muchos años de investigación se ha conseguido cerrar su ciclo de cultivo, pero su puesta en marcha se enfrenta a una fuerte oposición de grupos que consideran que no se debe cultivar la especie por ser animales sintientes. Este hecho nos ha impulsado a realizar un estudio DAFO

Palabras clave |
acuicultura,
crisis reputacional,
DAFO,
acciones estratégicas

que nos permita determinar las acciones estratégicas necesarias para mejorar la imagen y la percepción sobre la acuicultura que se realiza en España, tanto en la sociedad como en las futuras generaciones. Para ello se realizó una encuesta a cuatro grupos objetivo (empresa, investigación, administración, social), para determinar el consenso de los factores identificados previamente (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades). Una vez validados los factores por 24 expertos de los cuatro grupos, se procedió a la distribución de las encuestas en un total de 8 zonas geográficas españolas para el análisis de resultados elaborándose, paralelamente, las acciones estratégicas a desarrollar.

ABSTRACT | Worldwide aquaculture has always had reputational problems due, among others, to environmental aspects (feeding, fish escapes, carbon footprint, impacts on the seabed and effects on biodiversity, use of medicated feed, animal welfare, waste management...). Many of these issues have been largely resolved, and those that have not been resolved are actively being worked on. In any case aquaculture is essential for the food security of the world population, since fishing has spent years maintaining a stable production that currently represents less than production by aquaculture, as well as a very favorable economic impact, especially in local communities and in geographically depressed areas. But there are new reputational aspects that are becoming very important in recent times and that are related to new species, especially the octopus, which after many years of research has managed to close its cultivation cycle, but its implementation faces a challenge. strong opposition from groups that consider that the species should not be cultivated because they are sentient animals. This fact has prompted us to carry out a SWOT study that allows us to determine the strategic actions necessary to improve the image and perception of aquaculture carried out in Spain, both in society and in future generations. For this, a survey was carried out on four target groups (company, research, administration, social), to determine the consensus of the previously identified factors (Weaknesses, Threats, Strengths, Opportunities). Once the factors had been validated by 24 experts from the four groups, the surveys were distributed in a total of 8 Spanish geographical areas for the analysis of results, preparing, in parallel, the strategic actions to be developed.

Keywords |
aquaculture,
reputational crisis,
SWOT,
strategic actions.

INTRODUCCIÓN

Una crisis reputacional se produce cuando tiene lugar alguna circunstancia, o se da la concatenación de varios factores que provocan un impacto en una empresa o en un sector empresarial, disminuyendo su credibilidad. De este modo puede verse afectada la imagen que se

pueda dar de ella en los medios de comunicación, pudiendo generarse una pérdida de la confianza con transcendencia a nivel social (Figura 1). La acuicultura a nivel mundial siempre ha tenido problemas reputacionales debido, entre otros, a aspectos medioambientales (alimentación, escapes, huella de carbono, impactos sobre fondos marinos y efectos sobre la biodiversidad, uso de piensos medicados, bienestar animal, gestión de residuos, ...). Pero muchos de estos problemas han sido resueltos en gran parte y, en los que no, se está trabajando activamente para solucionarlos. En todo caso, está claro que la acuicultura es fundamental para la seguridad alimentaria de la población mundial ya que la pesca lleva años manteniendo una producción estable que supone, actualmente, menos que la producción por acuicultura, así como un impacto económico muy favorable especialmente en comunidades locales y en zonas geográficamente deprimidas. Por otra parte, todos los aspectos que pueden tener dificultades reputacionales en la acuicultura tienen menor impacto que cualquiera de los cultivos de animales terrestres, empezando por el índice de conversión medio (kilos de alimento que se les da para obtener 1 kilo de animal producido) que, en el caso de la acuicultura es más eficiente que en el cultivo de aves, porcino y vacuno (APROMAR 2021).

Pero hay nuevos aspectos reputacionales que están tomando mucha importancia en los últimos tiempos y que se relacionan con nuevas especies de cultivo, especialmente el pulpo que después de muchos años de investigación se ha conseguido cerrar su ciclo, pero su puesta en marcha se enfrenta a una fuerte oposición de grupos que consideran que no se debe cultivar la especie por ser animales sintientes. Este hecho nos ha impulsado a realizar un estudio DAFO que nos permita determinar las acciones estratégicas necesarias para mejorar la imagen y la percepción sobre la acuicultura que se realiza en España, tanto en la sociedad como en las futuras generaciones. Muchas empresas en el mundo han sufrido crisis reputacionales, en ocasiones generadas en redes sociales como consecuencia de un mal comentario o crítica que se puede haber magnificado o extendido en dichas redes. En este contexto es en el que tiene mayor relevancia estudiar los diferentes escenarios y las posibles actuaciones que ayudarán a reducir el problema y a devolver la confianza en las empresas o el sector. En el caso de la Acuicultura, se trata de un sector global que desarrolla una actividad, que es desempeñada por múltiples empresas que tienen características muy diferentes entre sí y que cultivan una variedad grande de especies, empleando metodologías diversas. En estas condiciones, y dado que la crisis reputacional afecta a todo el sector, puede resultar difícil que las empresas, de forma individual, asuman inversiones económicas para la realización de estudios y campañas de garantía reputacional, por lo que sin duda será necesario que, además de las empresas, se impliquen las administraciones para revalorizar un sector y unas actividades de gran importancia económica y social.

ASPECTOS REPUTACIONALES DE LA CRISIS EN ACUICULTURA (NOTICIAS ACTUALES)

Entre los temas más debatidos, sobre aspectos reputacionales, en los medios de comunicación se encuentran: la percepción social de la acuicultura; el bienestar de los peces desde un punto de vista humanitario; la acuicultura como proveedora de alimentos azules; los aportes de la acuicultura a la sostenibilidad, a la seguridad alimentaria y también respecto a su importancia en las dietas saludables; la muerte digna y la reducción de los factores de estrés en los animales; el uso de harinas y de aceites de pescado; el enfoque como animales sintientes...

A continuación, se recogen algunas noticias en relación con la acuicultura de las que sobresalen, últimamente y de forma muy beligerante, las relacionadas con la oposición al cultivo de pulpo y que podríamos utilizar como paradigma del impacto social que la difusión de determinadas informaciones pueden tener sobre este sector productivo:

2 de marzo de 2020 Más de 2 millones de euros para tres proyectos que estudiarán métodos de sacrificio humanitarios de peces, crustáceos y moluscos Esta iniciativa surge dado la creciente preocupación por parte de los consumidores por el bienestar de los animales cuando estos son sacrificados

8 de abril de 2020 Un libro recoge los principales aspectos relacionados con el bienestar de los peces de acuicultura El manejo de una granja piscícola con altos niveles bienestar permite mejorar los rendimientos económicos y el éxito industrial, al tiempo que cubre un aspecto de creciente preocupación ética entre los consumidores europeos.

5 de julio de 2021 Nueva Pescanova escoge Canarias para instalar su granja de pulpo Los planes de la compañía son los de lanzar la primera producción comercial en 2023

7 de octubre de 2021 El próximo año Pescanova comercializará sus primeros pulpos de acuicultura La empresa está barajando nuevos emplazamientos para realizar el cultivo del pulpo a gran escala

8 de febrero de 2022 La granja de pulpos de Nueva Pescanova en Canarias en "trámites ambientales"

24 de febrero de 2022 El mejor bienestar de los peces durante el sacrificio marca la calidad de su carne El proyecto Wellstun se realiza en el marco del Programa Nacional de Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y está dotado con más de 500 000 euros de presupuesto

23 de marzo de 2022 Grupo Pescanova más cerca de cultivar su pulpo en Canarias El proyecto de 65 millones de euros de inversión está dividido en cuatro fases que irán escalando en función de una curva de aprendizaje prevista hasta alcanzar 3.000 toneladas de pulpo anuales

8 de octubre de 2022 Un total de 38 ONG piden a la CE que pare la acuicultura de pulpo Envían a la Comisión Europea, con motivo de la celebración del Día Mundial del Pulpo, una carta para pedir que se frene la acuicultura del pulpo. A su juicio se trata de una "práctica cruel y dañina para el medio ambiente". La nota llega a raíz de los planes de Nueva Pescanova de crear la primera granja de esta especie en Canarias.

Figura 1.- Algunas noticias actuales que afectan a la crisis reputacional de la acuicultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio DAFO utilizando el método Delphi (García Valdés y Suárez Marín 2013; Campos Climent *et al.*, 2014), encuestando a cuatro grupos (empresa, investigación, administración, social), para determinar el consenso de los 43 factores identificados previamente (6 Debilidades, 8 Amenazas, 14 Fortalezas, 15 Oportunidades). Una vez validados los factores por 24 expertos de los cuatro grupos (6 de cada uno), puntuando la importancia de estos del 1 al 5 (1=sin importancia, 2=poco importante, 3=importancia media, 4=muy importante, 5=importancia crucial), se procedió a la distribución de las encuestas en un total de 8 zonas geográficas españolas (el número es proporcional a la producción en acuicultura de la zona según MAPA 2021), logrando un total de 105 participantes (Tabla 1). Se utilizó el software libre Herramienta DAFO del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICYT 2022) para establecer las acciones estratégicas a partir de los factores del DAFO.

Tabla 1.- Total de encuestas recibidas por Comunidad Autónoma (CC.AA.) y por grupo encuestado (social, empresa, investigación, administración).

CC.AA.	SOCIAL	EMPRESA	INVESTIGACIÓN	ADMINISTRACIÓN	TOTAL CC.AA.
Andalucía	2	4	5	0	11
Asturias	0	1	2	2	5
Canarias	3	2	5	4	14
Castilla y León	0	3	1	1	5
Cataluña	0	1	3	1	5
Murcia	5	5	4	6	20
Galicia	9	8	7	8	32
Valencia	2	4	4	3	13
TOTAL	21	28	31	25	105

RESULTADOS

Consensos Método Delphi

El análisis DAFO dio como resultado un consenso generalizado en casi todos los factores. Sólo 7 de los 43 factores no obtuvieron consenso (Figura 2).

DEBILIDADES (6)	CONSENSO
Dificultades de adaptación de las empresas a legislaciones novedosas como las de bienestar animal.	Aceptable
Utilización de harinas de pescado en la fabricación de piensos para la acuicultura.	Aceptable
Poca repercusión de los- éxitos (científicos, empresariales, ambientales,...) en el prestigio del sector acuícola.	NO
Escasa presencia de “voces” autorizadas, pertenecientes al sector acuícola, en las redes sociales y de difusión de masas.	Aceptable
Insuficiente sinergia de actores implicados para dar respuesta a la crisis reputacional.	Aceptable
Falta de información de los beneficios de la actividad en las nuevas generaciones.	Aceptable
AMENAZAS (8)	Consenso
Falta de planificación/concurrencia para el desarrollo de actividades/sectores en espacios conflictivos (litoral).	Aceptable
Adaptación de la actividad y la producción a nuevas normativas (europeas o nacionales) que pueden resultar más exigentes que las que en origen son de obligado cumplimiento para las producciones procedentes de terceros países.	Aceptable
Surgimiento de movimientos animalistas y otros contrarios a la acuicultura.	Aceptable
Cambio cultural en los hábitos alimenticios entre diferentes generaciones.	Aceptable
Informaciones y opiniones sin conocimiento a través de las redes sociales (youtubers, influencers, ...).	Aceptable
Percepción en contra de la ganadería intensiva en macroplantas.	Aceptable
Incremento de la producción de proteínas con cultivos de células madre.	Aceptable
Imagen negativa de tipos de acuicultura en diferentes países.	Aceptable
FORTALEZAS (14)	Consenso
Excelente calidad de los productos acuícolas y experiencia adquirida a lo largo de los años en la acuicultura.	Aceptable
Producción de alimentos saludables y nutritivos para una población mundial en continuo crecimiento (9700 millones de habitantes para el 2050).	Aceptable
Considerable/óptimo potencial productivo conseguido en las instalaciones/especies establecidas hasta el momento.	Aceptable
Elevada eficacia probada empleando tipos/sistemas de acuicultura sostenibles y respetuosos con el medio ambiente (cultivos multitrofos).	NO
Reduce la presión sobre los recursos pesqueros, satisfaciendo la creciente demanda de pescado en la población.	Aceptable
Crea puestos de trabajo y fija población rural y costera.	NO
Incrementa la investigación y el conocimiento sobre el medio acuático.	Aceptable
Proporciona mejores índices de conversión (IC) con respecto a otros métodos empleados para obtener proteína animal.	Aceptable
Los modelos de acuicultura social o colaborativa aportan mayor reparto de riqueza en las comunidades (marisqueo, mejillón, ...).	Aceptable
Capacidad tecnológica demostrada para poder realizar cultivos ecológicos en el medio acuático.	Aceptable
Incrementa la seguridad alimentaria (alimentos frescos, con niveles nutricionales adecuados y con la calidad microbiológica requerida).	Aceptable
Permite producir alimentos de origen local con menor huella de carbono.	NO
Estabilidad de precios y suministro regular.	Aceptable
Cubre varios de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030 de la ONU (salud, alimentación, pobreza,...)	Aceptable
OPORTUNIDADES (15)	Consenso
Obtención de productos farmacéuticos y nutraceúticos provenientes de organismos acuáticos.	Aceptable
Cultivo de detritívoros y especies comerciales/limpiadores como crustáceos, poliquetos u holoturias con necesidades alimenticias mucho más respetuosas con el medio ambiente.	Aceptable
Cultivo de herbívoros y fitófagos con menor impacto ambiental que los terrestres	Aceptable
Mejor aprovechamiento de los recursos naturales a partir de cultivos de los primeros niveles tróficos (macroalgas, microalgas, cianobacterias).	Aceptable
Repoblación de ríos, mares y océanos para la conservación de especies amenazadas y para la mejora del estado de los recursos vivos en esos ecosistemas.	Aceptable
Promoción de los cultivos acuícolas ecológicos	Aceptable
Sensibilización y política de puertas abiertas de la acuicultura hacia la población en general.	Aceptable
Mejora continua de las “buenas prácticas” en el manejo y en el cultivo de especies acuáticas	Aceptable
Difusión de la acuicultura a través de la creación de redes museística	NO
Mejoras tecnológicas (circuitos RAS) para implantar sistemas de acuicultura en zonas despobladas o con pocos recursos hídricos y económicos	Aceptable
Posibilidad de satisfacer las crecientes demandas de alimentos sanos, con control de trazabilidad alimentaria, para las actuales y nuevas generaciones.	Aceptable
Revisión y mejora de los métodos de sacrificio en especies de acuicultura que contemplen el bienestar animal.	NO
Crisis económica generalizada que demanda productos de mar con precios más bajos de mercado.	NO
Abordar, por parte de las Administraciones y Asociaciones, la promoción de la acuicultura desde la perspectiva de dar soluciones a la crisis reputacional del sector.	Aceptable
Divulgación y concienciación en los diferentes niveles educativos sobre la acuicultura y sus beneficios.	Aceptable

Figura 2.- Resultados DAFO por método Delphi para consenso de factores

Medidas de mejora

Para maximizar Fortalezas y Oportunidades y minimizar Debilidades y Amenazas, con las opiniones de los expertos se pudieron determinar una serie de medidas de mejora:

- Establecer indicadores operacionales (OWI) armonizados sobre los que establecer la normativa de bienestar animal.
- Posibilidad de mejorar el bienestar animal asegurando la rentabilidad.
- Incorporar la acuicultura a la 5ª gama (productos “ready to eat”, “ready to cook”) desde las empresas productoras (la venta en fresco decaerá en el futuro).
- Implantar sellos de calidad/denominación de origen en los productos y sistemas de producción.
- Carbono azul como contribución a mitigar el cambio climático (p.ej. el cultivo de moluscos como captador de CO₂).
- Implantar métodos alternativos y sostenibles como la acuicultura ecológica y buscar alianzas con otros sectores de la producción ecológica.
- Adaptación del sector a las tendencias de aprovechamiento de los residuos generados en el procesado del pescado (residuo cero).
- Apostar por los cultivos de ciclo cerrado, Sistemas de Recirculación en Acuicultura (RAS), aprovechamiento de efluentes y residuos, acuicultura multitrófica, acuaponía, biorrefinería,...
- Favorecer la aceptación, mediante proyectos socio-ambientales participativos, que unan acuicultura y pesca.
- Mayor desarrollo de la acuicultura offshore y generación de sinergias con otras actividades, como las energías alternativas y el turismo acuícola, para mejorar la imagen de la acuicultura.
- Incremento de los perfiles profesionales implicados en la actividad acuícola.
- Fortalecer el asesoramiento en legislación medioambiental de la administración pública a las empresas.
- Identificación de perfiles claves para el desarrollo de acciones y diseño de actividades dirigidas a medios de comunicación.

Acciones estratégicas

Con los factores consensuados de los 4 elementos del DAFO, se procedió a realizar la elaboración de las diferentes acciones estratégicas utilizando una matriz cruzada de factores:

Estrategias adaptativas (EA): convertir Debilidades en Oportunidades

Estrategias Defensivas (ED): contrarrestar las Amenazas con Fortalezas

Estrategias Ofensivas (EO): potenciar las Fortalezas para mejorar las Oportunidades

Estrategias de Supervivencia (ES): relacionar las Debilidades con las Amenazas

Estrategias adaptativas (EA): Debilidades-Oportunidades

- EA1: Diseñar estrategias empresariales para negociar la adaptación a nuevas normativas.
- EA2: Potenciar la difusión de resultados que solucionen problemas ligados a la crisis reputacional (bienestar animal, biodiversidad, impacto ambiental,...).
- EA3: Sustitución de harinas y aceites de pescado en piensos con otras materias primas y subproductos de la economía circular.

Estrategias defensivas (ED): Fortalezas-Amenazas

- ED1: Mostrar la acuicultura como actividad sostenible, innovadora e integradora, social y económicamente.
- ED2: Promover campañas de defensa de los productos acuícolas nacionales (origen, calidad, precio, suministro regular, ...).
- ED3: Difundir la actividad acuícola, desde su diseño hasta la producción y lo que implica para las comunidades locales.

Estrategias ofensivas (EO): Fortalezas-Oportunidades

- EO1: Promover la acuicultura como actividad proveedora de alimentos sanos, sostenible y con baja huella ambiental.
- EO2: Desarrollar actividades gastronómicas con productos acuícolas en diferentes ámbitos (comedores escolares, residencias de mayores, hospitales, población en general,...).

Estrategias de supervivencia (ES): Debilidades-Amenazas

- ES1: Conciliar soluciones, entre todos los actores implicados, para dar respuestas a la crisis reputacional de la acuicultura.
- ES2: Fortalecer las campañas informativas para mejorar la aceptación social de la acuicultura, a todos los niveles, incluyendo las nuevas tecnologías y las redes sociales.

CONCLUSIONES

Es necesario aunar esfuerzos para lograr mejorar la imagen y la percepción sobre la acuicultura en la sociedad y en las futuras generaciones.

Las medidas de mejora y las acciones estratégicas obtenidas con este estudio DAFO, ayudarán

a conseguir mejorar la reputación social de la acuicultura.

Agradecimientos

El presente trabajo fue patrocinado por el Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas (ForoAcui) y realizado por miembros del mismo. Agradecemos especialmente a los colaboradores, de diferentes grupos y Comunidades Autónomas, que han participado activamente en la distribución de las encuestas, así como a todas las personas que han respondido a las mismas.

REFERENCIAS

- APROMAR (2021). Memoria de sostenibilidad 20-21 (<https://apromar.es/wp-content/uploads/2021/12/MEMORIA-DE-SOSTENIBILIDAD-2021-de-Acuicultura-de-España.pdf>).
- Campos Climent V., Melián Navarro A. y Sanchis Palacio J.R. (2014). El método Delphi como técnica de diagnóstico estratégico. Estudio empírico aplicado a las empresas de inserción en España. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa* 23: 72–81.
- García Valdés M., Suárez Marín M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*. 39(2): 253-267.
- MAPA (2021). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Producción de acuicultura en España por Comunidades Autónomas. (<https://mapa.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/producción-de-acuicultura/producción-ccaa/>).
- MICYT (2021). Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Herramienta DAFO (<https://dafo.ipyme.org/Home>).





PÓSTERS – VÍDEOS

PÓSTERS

| Biodiversidad, conservación y evaluación de recursos

Estudio de la variabilidad molecular en poblaciones mediterráneas del cangrejo marino *Liocarcinus depurator*

Francisco Mestres Naval, Elvira Luna Pérez, Sergi Lacueva Llorens, Pere Abelló Sala

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD MOLECULAR EN POBLACIONES MEDITERRÁNEAS DEL CANGREJO MARINO *LIOCARCINUS DEPURATOR*
 Mestres F¹, Luna E¹, Lacueva S¹, Abelló P²
¹Dept. de Genètica, Microbiologia i Estadística, Universitat de Barcelona, Barcelona.
²Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC), Barcelona.
 E-mail: fmestres@ub.edu

INTRODUCCIÓN
 El cangrejo de sopa o falsa mércora (*Liocarcinus depurator*) es un decapodo pontínico que se pesca habitualmente en las costas de la Península Ibérica, siendo un componente habitual de sopas de pescado, salsas de marisco y platos de arroz. Además, se ha

Programa para el manejo integrado del sector costero desde Punta Chicho hasta Punta Cuchillo, Niquero, Granma, Cuba

Carlos Antonio Ocano Busía

PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL SECTOR COSTERO DESDE PUNTA CHICHO HASTA PUNTA CUCHILLO, NIQUERO, GRANMA, CUBA.
 Autor: M.C. Carlos Antonio Ocano Busía.
 ocobusia@gmail.com *Centro de Investigaciones Pesqueras,
 Calle, 248 e- Sta Avenida y Mar, Santa Fé, Playa, La Habana, Cuba

Estatus de la ictiofauna de la pesca artesanal del Pacífico de Guatemala. Análisis preliminar

Norberto Capetillo Piñar, Juan Carlos Hernández Padilla, Alexander Lopeztegui Castillo, Arturo Tripp Quezada

Estatus de la ictiofauna de la pesca artesanal del Pacífico de Guatemala. Análisis preliminar
 Norberto Capetillo Piñar¹, Juan Carlos Hernández Padilla², Alexander Lopeztegui Castillo³, Arturo Tripp Quezada⁴

¹Instituto de Capacitación Pesquera, Zona Centro, La Paz, Ruta Carretera Sur, México
²Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CENAESI Unidad Mérida, Carretera a Progreso, Mérida, México
³Centro Interdisciplinario de Ciencias Maríticas, Instituto Politécnico Nacional, Avenida Instituto Politécnico Nacional 205, Playa Fátima de Santa Rita, 23090 La Paz, Baja California Sur, México
⁴E-mail: norberto@ipnafao.com

Point pattern analysis as a tool for assessing disease spread and population features in remaining sanctuaries of the critically endangered bivalve *Pinna nobilis*

Patricia Prado, Miguel Ángel López, Pablo Cermeño, Jose Rafael García-March, José Tena, Emilio Cortés, Francisca Giménez-Casaldueiro

Point pattern analysis as a tool for assessing disease spread and population features in remaining sanctuaries of the critically endangered bivalve *Pinna nobilis*

GRAPHICAL ABSTRACT
 GIS mapping of live individuals and empty shells in three bay zones Measured variables Spatial point pattern analysis

Diagnóstico del desarrollo sostenible de la comunidad pesquera de Adicora. Dimensión social. Caso: Consejo Socialista de Pescadores y Acuicultores (CONPPA-ADICORA)

María Virginia Guanippa Maldonado, Jesús Alberto Méndez Martínez, Luis González

DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA COMUNIDAD PESQUERA DE ADICORA. DIMENSION SOCIAL. CASO: CONSEJO SOCIALISTA DE PESCADORES Y ACUICULTORES (CONPPA-ADICORA)
 María V. Guanippa Maldonado¹, Jesús Méndez¹, Luis González¹
¹ Campo Experimental Las Playitas, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Puerto Fajó, San Félix, Cuba
 Autor de correspondencia: mguanippa@inia.cu / jmen@inia.cu

INTRODUCCIÓN
 La definición de desarrollo sostenible que ha sido con mayor frecuencia es la propuesta por la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, conocida también como Comisión de Brundtland, en 1987. En su informe a la Asamblea General de las Naciones Unidas, que lleva por nombre "Nuestro Futuro Común", donde se define el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias" (FNUC 2012). En relación al enfoque de desarrollo sostenible, la actividad pesquera ha sido desde la antigüedad una fuente importante de alimentos para la humanidad, de empleo y beneficios económicos para quienes

First steps toward the knowledge of macrofaunal assemblages in rose gorgonian gardens from Central Chile: opening the door for conservation actions

Judith Camps-Castellà, Patricia Prado, José Tena-Medialdea, Antonio Brante, Iván Hinojosa

Aspectos biométricos y reproductivos de la especie Guanapo (*Lutjanus synagris*) capturada por la flota artesanal de la comunidad de Adicora (estado Falcon-Venezuela)

Jesús Alberto Mendez Martínez, Rodolfo Álvarez, Luis González, Orlando Pomare, María Guanipa, Thailandé Barreno

Estado de conservación de los peces comerciales de la familia Pimelodidae del río Arauca binacional de Colombia y Venezuela

Mailuet Vanessa López Gómez, Otto Enrique Castillo González, Víctor Daniel Villán Sandoval

A pesca tradicional de curral na baía de Guanabara, Brasil: Uma pescaria histórica na visão dos pescadores

Sérgio Ricardo Santos, Andreia Bazilio Silva, Thaís Rodrigues Maciel, Luiza Chieza Fortes Garcia, Marcelo Vianna

Cambios espaciales en la malacofauna del litoral rocoso del Parque Nacional Mochima, Venezuela

Johanna Fernández Malavé, Siolíz Villafranca, Mayré Jiménez Prieto

Caracterización enzimática como fundamento para desarrollo de dietas en el pepino de mar café, *Isostichopus fuscus* (Ludwig 1875)

Miguel Ángel Suarez Roca, Sergio Scarry González Peláez, Oscar Trujillo Millán, Liliana Rojo, María Teresa Sicard



Escuela De Ciencias Aplicadas del Mar (ECAM): 44 años dedicados a la formación académica e investigación científica

Yoarlís Fernández-Narváez, José Morillo-Rojas, Arnaldo Figueredo



Nuevos registros para la avifauna del Archipiélago los Frailes (Dependencias Federales, Venezuela)

Jemimah Rivera, Sabino Silva



Variación de la calidad del agua y estado trófico en el Sector Potreritos, Lago de Maracaibo, Venezuela

Daniel de Jesús Polanco Marin, Edglimar Sarai Paz Colina, Jeny Liliana Reyes Luján



Composición del ictioplancton en la zona costera Arapito - Playa Colorada, estado Sucre, Venezuela

Mariana Rondón, Daniela Rendón, Baumar Marín



Abundancia y Composición Ictioplanctónica en los márgenes de los meandros del Caño Manamo, Delta del Orinoco, Venezuela

Aracelys Del Valle Bravo Guzmán, María Alejandra Balza Bravo, Baumar Marín



Estudio preliminar de la utilización del caballito de mar *hippocampus* por habitantes de comunidades costeras del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela

Mariela Del Valle Cova Morales, Antulio Servio Prieto Arcas, Rafael José Betancourt



Distribución de biomasa y estructura de la comunidad de zooplancton alrededor de la Isla la Picuda, Parque Nacional Mochima, estado Sucre, Venezuela

Erika Fuentes, Brightdoom Márquez, Josefa Morales, Andrés Montes

Estado actual de la población de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758), en la Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela

Ángel Fariña, Pedro Bruzual, Diego Navarro, Manuel Rey-Méndez

La plumuda *Opisthonema* spp., potencial recurso alimenticio del Pacífico nariñense colombiano

Laura Vanesa Peña Roa, Adriana Patricia Muñoz Ramírez, Jairo Humberto López Vargas

Composición y abundancia de almejas de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal en el estuario del Río Chone, provincia de Manabí, Ecuador

Alan Emilio García Bermúdez, Eulalia Teresa Ibarra Mayorga, Rodolfo Patricio Panta Vélez, Luis Manuel Trevino Zambrano, Jorge Enrique Vélez Falcones

Centro de Sanidad Acuícola Escuela de Acuicultura y Pesquería FCV-UTM

Jony Cristhian Mendoza Moreira, Leonela G. Muñoz Chumo, Byron M. Reyes Mero, Ana María Santana Piñeros, Alexandra E. Bermúdez Medranda, Juan Carlos Vélez Chica, Yanis Cruz Quintana

Shallow-water estuarine benthic habitat of the sand dollar *Mellitella stokesii* for aquaculturing interest in Ecuador

George Alex Moncada Argudo, Jorge Sonnenholzner, Julio Cesar Defaz

Spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) trophic spectrum update using diet descriptors and indices applied for first time in Cuba

Diana Martínez Coello¹, Alexander Lopeztegui Castillo² and Rafael Puga Millán¹

¹ Fisheries Research Center, Calle 296, No. 503 entre Sta. Asunción y Mar, Barriovenao, Playa, La Habana, Cuba.
² National Polytechnic Institute, Interdisciplinary Center for Marine Sciences, Ao Instituto Politécnico Nacional s/n, Cd. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, México

E-mail: dcoello@ipn.mx

INTRODUCTION
 Similar diet between sexes has been reported in *P. argus* lobsters from the same region (Martínez-Coello et al. 2015). According to Espinosa et al. (1990), lobsters from two different biotopes

DESARROLLO EMBRIONARIO-LARVAL DE *Mellita quinqueperforata* (ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA) Y EFECTOS DEL COBRE EN LA MORFOMETRÍA LARVAL TEMPRANA EN LABORATORIO.

Fermín Quevedo y Ernesto Mata

Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Ido de Margarita. Nicolás de Nueva España. Universidad de Oriente. Venezuela. E-mail: matate@uho.edu.ve

INTRODUCCIÓN
 Los equinodermos son claves en muchos ecosistemas ya que son responsables de la mineralización de grandes cantidades de material (Chouai et al. 2013). Su ciclo transformacional conocido como depositario, las cuales, ayudan a dilucidar procesos sobre su

La plumuda (*Opisthonema* spp.), potencial recurso alimenticio del Pacífico nariñense colombiano

PEÑA ROA, L.V.¹; MUÑOZ RAMÍREZ, A.P.¹; LÓPEZ VARGAS, J.H.²

¹ Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación INAGRICULTO, Carrera 30 Calle 45-02, Edificio 401, Bogotá, Código Postal 110221 - Colombia.
² Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, Grupo de Investigación Mejoramiento de la Calidad de Alimentos y Desarrollo de Nuevos Productos - AN, 26 460-86, edificio 300 C - Bogotá, Código Postal 110221 - Colombia.

E-mail: jlopez@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN
 En el Pacífico colombiano la plumuda (*Opisthonema* spp.) es una especie poco conocida, siendo utilizada principalmente como carnada y ocasionalmente para la elaboración de harinas y aceites

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE ALMEJAS DE LOS GÉNEROS *Protothaca* y *Chione* EN UNA ZONA INTERMAREAL EN EL ESTUARIO DEL RÍO CHONE, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

Alan García-Bermúdez¹, Jony Enrique Vélez Falcones¹, Rodolfo Patricio Panta Vélez¹, Luis Manuel Trevino Zambrano¹, Jorge Enrique Vélez Falcones¹

¹ Grupo de investigación en biología y cultivo de Moluscos, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí.
² OIEC/OIEA info@oiea.int, 0090-7544-7743 E-mail: jga.garcia@utma.edu.ec
³ Grupo de Investigación en Nutrición, Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí.
⁴ Grupo de investigación en biodiversidad y ecología de sistemas acuáticos, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí.

INTRODUCCIÓN
 El estuario del río Chone - el ecosistema ubicado en su zona costera tropical, presenta diversidad y

CENTRO DE SANIDAD ACUÍCOLA ESCUELA DE ACUICULTURA Y PESQUERÍA FCV-UTM

Jony Cristhian Mendoza Moreira¹, Leonela G. Muñoz Chumo¹, Byron M. Reyes Mero¹, Ana María Santana Piñeros¹, Alexandra E. Bermúdez Medranda¹, Juan Carlos Vélez Chica¹, Yanis Cruz Quintana¹

¹ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Recreativos, Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental (SISA), Bahía de Chone, Manabí EC130104, Ecuador.
centrosad@utma.edu.ec

El Centro de Sanidad Acuícola (CSA) de la Escuela de Acuicultura, Pesquería y Recursos Acuáticos Recreativos (EAPRR), fue creado en el mes de junio del 2017 con el objetivo de prestar el diagnóstico de afecciones productivas en la infraestructura, equipamiento y personal profesional para el diagnóstico de enfermedades, capacitación del sector e investigación aplicada que contribuya al mejoramiento de la maricultura productiva.

VINCULACIÓN:
 La vinculación con el sector productivo se realiza a través de servicios de diagnóstico bajo la modalidad de consultoría, donde

Shallow-water estuarine benthic habitat of the sand dollar *Mellitella stokesii* for aquaculturing interest in Ecuador

George Alex Moncada¹, Jorge Sonnenholzner², Julio Cesar Defaz³, Ramon Ásua⁴, Bryan Alvaró⁵, Juan Carlos Ancochea⁶, Ulises Barrios⁷, Marco Cabrera⁸, Camacho Defaz⁹

¹ Grupo de investigación en Biología y Cultivo de Equinodermos (INSECIO), Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Recreativos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Calle General Lora Velasco s/n, Ciudad Universitaria, Bahía de Chone, Manabí, 130104, Ecuador.
² Consultor Consultoría de Agua Abierta (C3A), San Vicente, Manabí.
³ Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Recreativos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Calle General Lora Velasco s/n, Ciudad Universitaria, Bahía de Chone, Manabí 130104, Ecuador.
⁴ E-mail: jmoncada2024@utma.edu.ec

Plataforma de análisis genético para especies acuícolas

Ricardo Pérez Enríquez, Cristina Escobedo Fregoso, Gabriela Mendoza Carrión, Adriana Max Aguilar, Susana Ávila



Regresión de praderas de *Cymodocea nodosa* en el sector sur del Golfo de Valencia

Meritxell Maimi Checa, Lucía Martínez, Carles Torán, Elena Rodríguez López, Blanca Feliu, Silvia Falcó, Miguel Rodilla



Valoración económica ambiental de la Ciénaga de Ocumare de la Costa, Aragua, Venezuela

Oscar Fernando Marco Albornoz Vegas, Ana Carolina Peralta Brichtova



Importancia de la Big Data en la ecología marina y pesquerías

Jesús Manuel Villarroel Rojas, Gertrudis Mizrachi



Exportaciones de Productos Marinos y Continentales, desde Venezuela

Luis del Valle González Rodríguez, Fredy Bustillo



Evaluación de la variación temporal y espacial de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el humedal el Hato, Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela

Anais del valle Diaz González, Aristide Márquez



INTRODUCCION

Hoy en día, la calidad del agua y las comunidades biológicas de los ecosistemas acuáticos han sido afectadas por cambios en el uso del suelo (SICILIO *et al.* 2007). Un incremento en la temperatura y una reducción en la concentración de

Tabla 2. Diferencias significativas entre los valores medios de los nutrientes, oxígeno y probabilidad de acuerdo al análisis de varianza del Test de Levene

Variable	Tempo	Espacio	Interacción
Temperatura	0.000	0.000	0.000
Oxígeno	0.000	0.000	0.000
Probabilidad	0.000	0.000	0.000

| Pesca y administración pesquera

Captura de peces en el golfo de Guacanayabo, Plataforma Suroriental de Cuba

Arlen Ventura Flores, Enrique Giménez Hurtado, Servando Valle



Selectividad de atarrayas camaroneras en la pesca artesanal en el sistema lagunar del Río Cauto, Cuba

Enrique Giménez Hurtado, Maximiliano Pérez Prohenza, Carlos Ocano Busia



Aprovechamiento de la fauna acompañante de la pesca de camarón en el golfo de Guacanayabo, Cuba

Madai Pozo Ugarte, Enrique Giménez Hurtado, Maximiliano Pérez Prohenza



Pesca artesanal de jaibas en Paraíso Tabasco México

Candelario Jiménez Olivares, Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, Sergio Cházaro Olvera, Fernando Álvarez Noguera, Verónica Mitsui Saïto Quesada, Iztzel Pérez Olivares, Mixtli Crisóstomo Pérez



Análisis situacional de las medidas sanitarias y buenas prácticas en el DPA José Olaya, San Andrés

Gabriela Lizeth Rosas Rivera, Giuseppe Gustavo Silva Pérez, Daniella Fernanda Orihuela Castillo, Alena Manini Ramírez, Paul Martín Baltazar Guerrero



Economía solidaria como alternativa de desarrollo económico en el sector pesquero de Puebloviejo Magdalena, Colombia

Arleth Esther Manjarrés Tete, Adriana Rodríguez Forero



Dinámica poblacional de sardina *Sardinella aurita* del estado Sucre Venezuela

Josefa Antonia Morales Esparagoza, Ruth Vásquez, Andrés Montes, Brightdoom Márquez, Katiana Cedeño, Rosmary Bolívar, Elizabeth Machado, María Marcano

7-12 febrero 2023 **Firma** X Feria Internacional de los Recursos Marinos y la Acuicultura
 Recopilando el conocimiento científico y tecnológico

Dinámica poblacional de sardina (*Sardinella aurita*) del estado Sucre Venezuela.

Josefa Morales¹, Ruth Vásquez¹, Andrés Montes², Brightdoom Márquez³, Katiana Cedeño⁴, Rosmary Bolívar⁵, Elizabeth Machado⁶, María Marcano⁷.

¹ Centro Nacional de Investigación de Pesca y Acuicultura (CENIPA).
² Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura (ISOPESCA).
³ Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV).
⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
⁵ Empresa Socialista Pesquera Industrial del Alba (Pescaba, S.A)
 E-mail: josefamorales61@gmail.com

Enfoque bayesiano de la relación talla vs peso y análisis multinomial de tallas de la jaiba café *Callinectes arcuatus*, capturada en el sistema lagunar Mar Muerto, México

Genoveva Cerdenares-Ladrón de Guevara, Aldrin Labastida-Che, Saúl Sarmiento-Náfate

del 21 al 25 noviembre 2022

Enfoque bayesiano de la relación talla vs peso y análisis multinomial de tallas de la jaiba café *Callinectes arcuatus*, capturada en el sistema lagunar Mar Muerto, México.

Cerdenares-Ladrón de Guevara G.¹, Labastida-Che A.², Sarmiento-Náfate S.³

¹Memorias del Mar Laboratorio de Ecología y Biología Pesquera, Puerto Ángel, Oaxaca, México, CP 70902.
²Centro de Investigación Acuicultura y Pesca, UNIFESCA, Prologación Play, Acapulco, Jalisco, México, CP 39000.
³Sancti Spiritus, Oaxaca, México, CP 70900.

E-mail: cerdenares@unifescamex.com

INTRODUCCIÓN

En México, La jaiba del género *Callinectes*, es de gran aceptación por su calidad de conservación. Sin embargo,

La pesca artesanal del cocinero *Caranx caballus* en la costa de Oaxaca

Eugenia Gabriela Ramírez Benítez, José Alfredo Clemente Abarca, Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara, Gabriela González Medina, Samuel Ramos Carrillo, Vicente Anislado Tolentino

del 21 al 25 noviembre 2022

LA PESCA ARTESANAL DEL COCINERO (*Caranx caballus*) EN LA COSTA DE OAXACA

Eugenia Gabriela Ramírez-Benítez¹, José Alfredo Clemente-Abarca², Genoveva Cerdenares-Ladrón de Guevara³, Gabriela González-Medina⁴, Samuel Ramos-Carrillo⁵, Vicente Anislado-Tolentino⁶

¹Laboratorio de Ecología y Biología Pesquera, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, CP 70902, San Pedro Perulita, Oaxaca, México.
²Escuela de Graduados en Acuicultura, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, CP 70902, San Pedro Perulita, Oaxaca, México.
³Grupo de Investigación de Recursos Acuáticos, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, CP 70902, San Pedro Perulita, Oaxaca, México.
⁴Grupo de Investigaciones Acuicultura y Pesca, UNIFESCA, Prologación Play, Acapulco, Jalisco, México.
⁵CP 70900, Oaxaca, México.
 E-mail: gabriela@unifescamex.com

Introducción

Caranx caballus es una especie de alta demanda local como carnívora y alimento de púls.

Comportamiento de la fauna asociada a la captura de camarón rosado *Penaeus notialis* en el golfo de Ana María, Cuba

Amanda Cruz Gutiérrez, Arlen Ventura Flores, Enrique Giménez Hurtado

del 21 al 25 noviembre 2022

Comportamiento de la fauna asociada a la captura de camarón rosado (*Penaeus notialis*) en el golfo de Ana María, Cuba

Amanda Cruz Gutiérrez^{1,2*}, MC. Arlen Ventura Flores³, Dr. Enrique Giménez Hurtado⁴

¹Licenciatura en Biología, Universidad de La Habana, Cuba.
²Grupo de investigación del camarón, Departamento de pesquería, Centro de Investigaciones Pesqueras, Cuba.
³gmail: ouzamanand25@gmail.com

Aspectos biométricos y reproductivos del congrio *Lepophidium negropinna* desembarcado en el puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador

Cristhian Junior Mero Anchundia, Anthony Alexander Chompo Mera, José Javier Antonio Alió Mingo, Maribel Carrera Fernández, Hans Dietel Ruperti Loor

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

La fauna de acompañamiento del camarón está integrada por diversas especies de peces e invertebrados.

Aspectos biométricos y reproductivos del congrio (*Lepophidium negropinna*) desembarcado en el puerto de Jaramijó, Ecuador

Mero Anchundia C. J., Chompo Mera A., Alió Mingo J. J., Carrera Fernández M., Ruperti Loor H.

¹Centro de Biología, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Católica de Loja, Loja, Ecuador.
²Escuela de Graduados en Acuicultura, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, CP 70902, San Pedro Perulita, Oaxaca, México.
³Escuela de Graduados en Acuicultura, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, CP 70902, San Pedro Perulita, Oaxaca, México.
⁴Grupo de Investigación de Recursos Acuáticos, Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Oaxaca, CP 70902, San Pedro Perulita, Oaxaca, México.
⁵Grupo de Investigaciones Acuicultura y Pesca, UNIFESCA, Prologación Play, Acapulco, Jalisco, México.
⁶CP 70900, Oaxaca, México.
 E-mail: ouzamanand25@gmail.com

En Ecuador, el congrio es un pez de gran importancia económica para la zona pesquera de Jaramijó y en la zona industrial pesquera del puerto de Jaramijó.

Canastas de peces para el manejo de pesquerías multiespecíficas en la región Suroriental de Cuba

Romina Alzugaray, Rafael Puga, Servando Valle, Ibis Ramos, Eduardo Bone, Kendra Karr

del 21 al 25 noviembre 2022

Canastas de peces para el manejo de pesquerías multiespecíficas en la región Suroriental de Cuba

Alzugaray R.¹, Puga R.¹, Valle S.¹, Ramos I.¹, Bone E.², Karr K.²

¹ Centro de Investigaciones Pesqueras
² Environmental Defense Fund

| Contaminación y efectos antrópicos

Toxicidad de aguas residuales de tratamiento secundario desinfectadas con cloro gaseoso e hipoclorito en el pez cebra *Danio rerio*

Kevin Omar Ponce Palomera, Saúl Rogelio Guerrero Galván, Fernando Vega Villasante, Daniela Rodríguez Partida

Desarrollo embrionario-larval de *Mellita quinquesperforata* (ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA) y efectos del cobre en la morfometría larval temprana en laboratorio

Fermín Quevedo, Ernesto Mata

Multidrogoresistencia en cepas de *Vibrio* aisladas de la cadena de producción del pulpo *Octopus insularis* capturado en el golfo de México

Saraí del Valle Acuña Ramírez, Hectorina Rodulfo, María de Lourdes Jiménez Badillo, Gabriela Galindo Cortes, Ángel Marval Rodríguez, Marcos De Donato

State of plastic pollution in Ecuador: An outlook for future research

Lenin Cáceres-Farías, María Mercedes Espinoza-Vera, Juan Cedeño-Zambrano, Alonzo Alfaro-Núñez

Primera detección de ácido domoico en mejillones de los bancos naturales ubicados en la costa del municipio Arismendi, Sucre, Venezuela

Sonia S. Subero-Pino, Luisa Rojas de Astudillo, Rosa Morao, José R. Díaz-Ramos, Luis E. Troccoli-Ghinaglia, Edgar A. García-Marcano, Luis Vilchez

Toxicidad de aguas residuales de tratamiento secundario desinfectadas con cloro gaseoso e hipoclorito en el pez cebra *Danio rerio*.

Kevin Omar Ponce Palomera^{1,2}, Saúl Rogelio Guerrero Galván¹, Fernando Vega-Villasante¹ y Daniela Rodríguez-Partida¹.

¹ Instituto de Ciencias Biológicas Agrícolas, Universidad Autónoma de Nayititl, Ciudad de la Cultura Andrés Bello, San Felipe 42020, México.

² Laboratorio de Cultivos de Peces y Acuicultura Experimental, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guayaquil, Av. Universidad 4202, Oroguén Trápez, Puerto Velasco, Guayaquil 42020, México.

kevin.palomea@unmayitl.com

Introducción

En México existen alrededor de 2526 plantas de tratamiento de aguas residuales, y el 52.9% utiliza tratamiento secundario de lodos activados (ECONOMÍA 2018). Las efluentes de tratamiento de aguas residuales se reutilizan en

DESARROLLO EMBRIONARIO-LARVAL DE *Mellita quinquesperforata* (ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA) Y EFECTOS DEL COBRE EN LA MORFOMETRÍA LARVAL TEMPRANA EN LABORATORIO.

Fermín Quevedo y Ernesto Mata

Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Isla de Margarita, Nicolás de Nueva España, Universidad de Oriente, Venezuela. E-mail: matapaco@uoriental.edu.ve

INTRODUCCIÓN

Los equinodermos son claves en muchos ecosistemas ya que son responsables de la mineralización de grandes cantidades de material (Gibson et al. 2013). Sufren transformaciones conocidas como desarrollo, las cuales, ayudan a dilucidar procesos sobre su

Multidrogoresistencia en cepas de *Vibrio* aisladas de la cadena de producción del pulpo *Octopus insularis* capturado en el golfo de México

Acuña S¹, Rodulfo H¹, Jiménez-Badillo M¹, Guaino-Cortés G¹, Marval-Rodríguez A¹, De Donato M¹

¹ Instituto de Ciencias Marinas y Pesqueras, Universidad Veracruzana, México.

² Laboratorio de Microbiología, Escuela de Ingeniería y Ciencias Químicas, México.

E-mail: acuasai@unver.mx

INTRODUCCIÓN

Los productos marinos son susceptibles de contaminarse por microorganismos patógenos, entre ellos *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus*.

STATE OF PLASTIC POLLUTION IN ECUADOR: AN OUTLOOK FOR FUTURE RESEARCH

Lenin Cáceres-Farías^{1,2}, María Mercedes Espinoza-Vera^{1,2}, Juan Cedeño-Zambrano³ & Alonzo Alfaro-Núñez^{1,4}

¹ Aguacal Corporation, C/ Los Rios, Av. Calderón Rivera & General Salazar, #6123301, Santa Domingo de los Colorados, Ecuador.

² Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de México, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Reservados, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Cajasán, Manabí 31213, Ecuador.

³ Department of Clinical Biochemistry, Hvidovre Hospital, Hvidovresgade 57a, 4700 Hvidovre, Denmark.

⁴ Institute for Sustainable Chemistry, 5020E Institute, University of Copenhagen Øster Søgade 5, 1353, Copenhagen K, Denmark.

E-mail: caceres_lenin@unver.edu.ec

PRIMERA DETECCIÓN DE ÁCIDO DOMOICO EN MEJILLONES DE LOS BANCOS NATURALES UBICADOS EN LA COSTA DEL MUNICIPIO ARISMENDI, SUCRE, VENEZUELA

Sonia S. Subero-Pino¹, Luisa Rojas de Astudillo¹, Rosa Morao², José R. Díaz-Ramos³, Luis E. Troccoli-Ghinaglia⁴, Edgar A. García-Marcano⁵ & Luis Vilchez¹.

¹ Uptis, Biología, Escuela de Ciencias, UDO, Apdo. Postal 204, Comand. Sucre, Venezuela, 6101.

² Uptis, Sucre, Escuela de Ciencias, UDO.

³ Uptis, Biología Marina, UDO/UB.

⁴ Instituto de Ciencias Aplicadas del Mar, Banco del Mar, Nueva Venezuela, UDO, Venezuela.

⁵ Uptis, Oceanografía Acuática, UDO/UB.

⁶ Centro de Gestión Ambiental, Universidad Central de Venezuela.

E-mail: suberospino@unver.edu.ve

INTRODUCCIÓN

Índices de Riesgo Ecológico por metales pesados en los sedimentos superficiales del Orinoco Medio Estado Bolívar; Venezuela

Andreina Marielys Lemus Marval, Aristide Márquez



Estudio de la fotooxidación de microplásticos y su capacidad de transporte de contaminantes en el medio marino

Alejandro Manuel Materano Francisco, Jesús Lezama, Blanca Rojas de Gascue



Fuentes potenciales de Microplásticos detectadas en algunas playas del Estado Sucre (10 años de Servicio Comunitario 2011-2021)

Blanca Rojas de Gascue



Cambio climático

El zooplancton y su importancia como alimento del principal recurso pesquero en el oriente de Venezuela

Brightdoom Márquez-Rojas, Josefa Morales-Esparragoza



Biología, fisiología y ecología de especies

Influence of environmental factors on nutritional condition of spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae)

Alexander Lopeztegui-Castillo, Diana Martínez-Coello, Abel Betanzos-Vega, Yulier Olivera-Espinosa, Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas, Norberto Capetillo-Piñar



Evaluation of physiological parameters of Koi carps *Cyprinus carpio* anesthetized with benzocaine and eugenol following painful stimulus

André Luiz Veiga Conrado, Renata Stecca Iunes, Matheus Santos Costa, Isabella Cristina Bordon, José Roberto Machado Cunha da Silva



Spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) trophic spectrum update using diet descriptors and indices applied for first time in Cuba

Diana Martínez Coello, Alexander Lopeztegui Castillo, Rafael Puga Millán



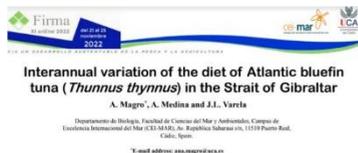
Efecto de la suplementación dietética con la macroalga parda *Rugulopteryx okamurae* sobre la respuesta inmunitaria de la lubina europea *Dicentrarchus labrax*

Dana Marielba Silva Silva, Arturo Vizcaíno, Juan Antonio Marto Sitcha, Francisco Alarcón, Francisco Guardiola



Interannual variation of the diet of Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* in the Strait of Gibraltar

Ana Magro López, Antonio Medina, Jose Luis Varela



Marcadores de bienestar en ortiguilla de mar *Anemonia sulcata* cultivada en un sistema de acuicultura multitrofica integrada (IMTA)

Cristina E. Trenzado, Alberto Coll, Ana E. Ortiz-Maldonado, Amalia Pérez-Jiménez, Marta Ramos-Barbero, Laura Pantoja-Echevarría, Pedro A. Álvarez-Molina, Eva E. Rufino-Palomares



Impacto de la reproducción de *Anemonia sulcata* (Cnidaria) en entorno IMTA sobre su estado de bienestar con fines de repoblación

Alberto Coll Fernández, Amalia Pérez-Jiménez, Ana E. Ortiz-Maldonado, Eva E. Rufino-Palomares, Laura Pantoja-Echevarría, Marta Ramos-Barbero, Carolina Alonso-Pozas, Cristina E. Trenzado



Suavización no lineal resistente para el análisis del ciclo reproductivo del gasterópodo *Opeastoma pseudodon*, Puerto Ángel, Oaxaca, México

Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, Verónica Mitsui Saito Quezada

Estimación del ciclo reproductivo por medio de índices morfofisiológicos del gasterópodo, (Burrow, 1815), de la pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca, México

Verónica Mitsui Saito-Quezada, Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte

Evaluación del estado de bienestar de dos especies de manglar en cautividad *Selenotoca multifasciata* y *Terapon jarbua*

Amalia Pérez-Jiménez, Eva Rufino-Palomares, Saskia Fernández, Javier Medina-Fernández, Javier Pérez-López, María del Carmen Hidalgo, Cristina E. Trenzado

Caracterización del hábitat térmico de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* en el noroeste mexicano

Natalia G. Joachin Mejia, Guillermina Alcaraz Zubeldia, Luis M. Burciaga Cifuentes, Salvador E. Lluch Cota, María Teresa Sicard González, Sergio Alan Ulaje Fernández

Revisión bibliográfica de las principales patologías en organismos acuáticos en confinamiento

Sebastian Samamé Vera, Andrea MariaLeigh Palacios, Leonela Santos Ninamaque Velazques, Guanluca Arian Ramírez Ramos

Optimización de las condiciones de cultivo de reproductores de caballito de mar *Hippocampus kudaz*

Eva E. Rufino-Palomares, Ana E. Ortiz-Maldonado, Cristina E. Trenzado, Marta Ramos-Barbero, Laura M. Pantoja-Echevarría, Alberto Coll, Amalia Pérez-Jiménez



Caracterización alimenticia de la especie invasora *Crenicichla gayi* (Pellegrin, 1903) en la cuenca media del Rio Manzanares, estado Sucre, Venezuela

Diana Carolina García Urbaneja, Yelipza Del Carmen Longart Rojas, Sinatra K. Salazar



Fitoplancton en tres localidades del estado Sucre, Venezuela

Marianna José Esteves Astudillo, José Rafael Díaz Ramos, Abelardo José Gómez Connis



Morphology and ontogenetic changes in otholiths of the *Lutjanus campechanus* from southwestern Gulf of Mexico

Ángel Marval Rodríguez, Ximena Renán, Gabriela Galindo Cortes, Jorge Montero, Saraf Acuña Ramírez, María de Lourdes Jiménez Badillo, Thierry Brulé



Parámetros de infección de *Gyrodactylus* sp. en tilapias cultivadas en Ecuador y evaluación in vitro de Praziquantel para su control

Gema María Basurto-Basurto, Leonela Griselda Muñoz-Chumo, Byron Manuel Reyes-Mero, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana



Comparative study of the reproductive cycle and biochemical composition of the common cockle and the grooved razor shell from Oualidia Lagoon on the Moroccan Atlantic coast

Ibtissam Doukilo, Oum Keltoum Belhsen, Fouzia Hmimid, Mohamedid Halla, Ahmed Errhif



Parámetros de infección de los parásitos metazoarios de la tilapia *Oreochromis* spp. en el humedal La Segua, Manabí, Ecuador

Gema Sthefania Miranda Chávez, Leonela G. Muñoz Chumo, Ana María Santana Piñeros, Yanis Cruz Quintana



Análisis y descripción osteológica de *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) de una cepa ornamental en condiciones controladas en la unidad acuícola de la Universidad de la Guajira Colombia

Yuli Paola Espinosa Prens, Jaineth Patricia Camargo Mendoza, Claudia Andrea Gómez Ramirez, Jairo Enrique Romero Paz



Micromalacofauna incidental de la pesquería de recursos bentónicos en la zona nororiental de Venezuela

Sioliz Villafranca, Johanna Fernández, Mayré Jiménez



Parámetros hematológicos y potencial de desove en reproductores de la concha prieta *Anadara tuberculosa* bajo cambios de oxigenación

Karen Eliana Espinoza Arauz, Edgar Alexander Zapata Vivenes, César Lodeiros Seijo



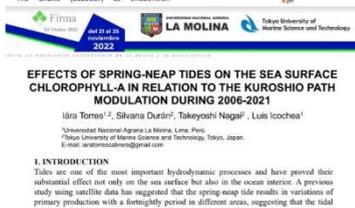
Respuestas fisiológicas de *Crassostrea cf. corteziensis* al estrés salino

Karla Elizabeth Falconí Vélez, Edgar Zapata Vivenes, César Lodeiros



Effects of spring-neap tides on the sea surface chlorophyll-a in relation to the Kuroshio path modulation during 2006-2021

Iára Andressa Torres Cabrera, Gloria Silvana Durán Gómez, Takeyoshi Nagai, Luis Alfredo Icochea Salas



| Cultivo de peces

Epitheliocystis prevalence and histopathological alterations in gills of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus cultured in southwestern Mexico

Selene María Abad Rosales, Rodolfo Lozano-Olvera, María-Cristina Chávez-Sánchez



La acuicultura rural una alternativa para la producción de proteína animal en el estado Sucre - Venezuela

Osmicar Vallenilla, Humberto Gil, Alirio Betancourt, José Weffer, Domingo Figueroa



Identificación y susceptibilidad antimicrobiana de Aeromonas hydrophila aisladas de peces amazónicos enfermos cultivados en el Perú

Carla Ivonne Fernández Espinel, Jefferson Yunis Aguinaga, Violeta Flores Dominick, Medina Morillo Marco César



Efecto de la frecuencia de alimentación en los índices productivos de juveniles de robalo blanco Centropomus viridis

María Isabel Abdo-de la Parra, Luz Estela Rodríguez-Ibarra, Leonardo Ibarra-Castro, Juan Manuel Martínez-Brown, Gabriela Velasco-Blanco



¿Son los insectos una buena fuente de proteínas? Efecto sobre el crecimiento y metabolismo energético de Dicentrarchus labrax

Miguel Torres Rodríguez, Juan Antonio Martos-Sitcha, Anyell Caderno, Rosa Alcaraz, María Dolores Hernández



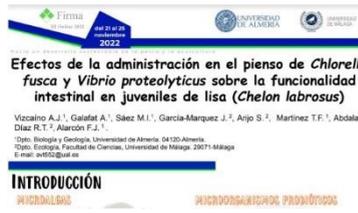
Evaluación de la inclusión de probióticos y microalgas en piensos para rodaballo *Scophthalmus maximus*

Alba Galafat Díaz, María Isabel Sáez, Antonio Jesús Vizcaíno, Cristina Rodríguez, Alma Hernández, Tomás Francisco Martínez, Francisco Javier Alarcón



Efectos de la administración en el pienso de *Chlorella fusca* y *Vibrio proteolyticus* sobre la funcionalidad intestinal en juveniles de lisa *Chelon labrosus*

Antonio Jesús Vizcaíno Torres, Alba Galafat Díaz, María Isabel Sáez Casado, Jorge García Márquez, Salvador Arijo, Tomás Francisco Martínez Moya, Roberto Abdala Díaz, Francisco Javier Alarcón López



Efecto de la salinidad en juveniles de *Dormitator latifrons* e indicadores de bienestar animal

Anel Janisse Acosta Moran, Fernando Vega Villasante, Javier Marcial de Jesús Ruiz Velazco, Daniel Badillo Zapata



Atractabilidad de aceites vegetales en juveniles de *Dormitator latifrons*

Guadalupe Abigail Aguilar Reynaga, Daniel Badillo Zapata, Saúl Rogelio Guerrero Galván, Fernando Vega Villasante, Javier Marcial J. Ruiz Velazco



Estudio de la microbiota presente en tanques de cultivo larvario industrial de rodaballo y lubina

Natalia Mallo Seijas, Belén Budíño Rodríguez, Denis Rodríguez Castro, Aldara Betanzos Freire, María Rosario Castro Sequeiro, Santiago Cabaleiro Martínez



Principales especies amazónicas peruanas en el acuarismo mundial

Oscar Manuel Delgado Valencia, Oswaldo Marco Antonio Peña Rengifo, Gaetano Rafael Botto Mazzone, Gabriel Alonso Abad Flores Egusquiza



Contenido estomacal de la tilapia *Oreochromis spp.* en el humedal La Segua

Fernando Ramón Isea León, Gustavo Javier Zambrano Villamar, Thalía Monserrate Chávez Lucas, Carlos Luis López Lozada

Contenido estomacal del chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) en el humedal La Segua

Fernando Ramón Isea León, Juan Diego Quispe Moreira, Carlos Luis López Lozada

Revisión bibliográfica de las principales patologías de organismos acuáticos en confinamiento

Gianluca Arián Ramírez Ramos, Andrea María Leigh Palacios, Sebastián Samamé Vera, Leonela Santos Ninamaque Velásquez

Efecto de las dietas sobre el rendimiento del cultivo de sabalo, *Megalops atlanticus*, (Valenciennes, 1847) en condiciones controladas

Oscar Manuel Julio Pérez, Aldris Anuar Geliz Diaz, Adriana Rodríguez Forero

Evaluación de la frecuencia alimentaria del *Haemulon flavolineatum* sobre su rendimiento en cultivo

Dáril Vanelis Milagros Pérez Large, Adriana Rodríguez Forero

Inducción al desove y cultivo larval de robalo negro *Centropomus nigrescens* (Günther, 1864) en cautiverio

Evelin Samira Reinoso Rodríguez, Milton Francisco Bohórquez Cruz, Sandra Susana Rodríguez Del Peso, Stanislaus Sonnenholzner, Wilfrido Ernesto Argüello Guevara



CONTENIDO ESTOMACAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis spp.*) EN EL HUMEDAL LA SEGUA

Fernando Ramón Isea León¹, Gustavo Javier Zambrano Villamar¹, Thalía Monserrate Chávez Lucas¹, Carlos Luis López Lozada²

¹Grupo de Investigación de Nutrición y Alimentación Acuática, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Acuáticos (GAPANA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. ²Centro de Agua y Desarrollo Sustentable, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador. E-mail: feraisa@utma.edu.ec

Introducción

El análisis de contenido estomacal es una herramienta valiosa que sirve para deducir como en una cadena trófica, los peces interactúan con otras especies animales y



CONTENIDO ESTOMACAL DEL CHAME (*Dormitator latifrons* Richardson, 1844) EN EL HUMEDAL LA SEGUA

Fernando Ramón Isea León¹, Juan Diego Quispe Moreira¹, Carlos Luis López Lozada²

¹Grupo de Investigación de Nutrición y Alimentación Acuática, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Acuáticos (GAPANA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. ²Centro de Agua y Desarrollo Sustentable, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador. E-mail: feraisa@utma.edu.ec

Introducción

El chame (*Dormitator latifrons*) habita en aguas dulces o cuerpos de agua salobres de las costas ecuatorianas, principalmente las de las provincias de Manabí, Guayas, y Los Ríos



Revisión bibliográfica de las principales patologías en organismos acuáticos en confinamiento

Laura María Véliz y María José Zambrano

Facultad de Ciencias Veterinarias y Biología, Universidad Católica del Sur

Ciudad Trujillo, Ecuador. E-mail: lveliz@ucds.edu.ec



Introducción

El estado de bienestar se traduce en los peces por la capacidad de mantenerse en el confinamiento por la integridad corporal, lo que requiere una distribución de los nutrientes y proporcionar la muerte de los organismos afectados (Villacorta, Villamor & Rodríguez, 2020). Además, las enfermedades de los organismos acuáticos son de las limitaciones más graves para la expansión y el desarrollo de la acuicultura comercial (Pérez, 2020).



EFFECTO DE LAS DIETAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SABALO, *Megalops atlanticus*, (Valenciennes, 1847) EN CONDICIONES CONTROLADAS.

^{1,2} Julio Oscar, ^{1,2} Geliz Aldris, ^{1,2} Rodríguez-Forero Adriana

¹Escuela de grado del programa Ingeniería Pesca, Universidad del Magdalena (Colombia). ²Escuela de grado del programa Ingeniería Pesca, Universidad del Magdalena (Colombia). ³Profesora titular, Programa de Ingeniería Pesca, Universidad del Magdalena (Colombia). ⁴Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura, Laboratorio de Acuicultura, Email: rodriguezforero@unmagdalena.edu.co



INTRODUCCIÓN

La piscicultura marina es una actividad incipiente en Colombia, es una oportunidad de diversificación de la acuicultura, con especies nativas de interés comercial, como los jureles (Carangidae), los pargos (Lutjanidae), los sabalos (Megalopidae). El sábalo (*Megalops*



Evaluación de la frecuencia alimentaria del *Haemulon flavolineatum* sobre su rendimiento en cultivo.

Pérez-Large, Dáril^{1,2}, Rodríguez-Forero, Adriana^{3,4}

¹Estudiante de grado del programa Ingeniería Pesca, Universidad del Magdalena (Colombia). ²Profesora titular, Programa de Ingeniería Pesca, Universidad del Magdalena (Colombia). ³Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura, Laboratorio de Acuicultura, E-mail: daril@unmagdalena.edu.co



Inducción al desove y cultivo larval de robalo negro *Centropomus nigrescens* (Günther, 1864) en cautiverio

Sandra Reinoso¹, Milton Bohórquez Cruz², Sandra Rodríguez

Del Peso³, Stanislaus Sonnenholzner⁴, Wilfrido Ernesto Argüello-Guevara⁵

¹Escuela Nacional de Ingeniería, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marítimas, CENAIM.

²Escuela Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería Marítima y y Ciencias

Diseño e implementación de laboratorio para cultivo experimental de pepinos de mar del Ecuador

Ramón Antonio Zambrano Mero, Marcela Basurto, Andric Quiñonez, Jorge Sonnenholzner, Javier Cedeño, Soledad Vela

Cultivo de la microalga *Chlorella sp.* usando el medio de cultivo Guillard y un fertilizante comercial (Bayfolan)

Carmen Milagros, James Van, María Alejandra, Rodrigo José, Dante Mijail, Esteban Liang, Jorge Enrique Alcalde Picho, Arbildo Pacheco, Fernández Gutiérrez, Gil Arias Schreiber, Paredes Bojanich, Wu Caballero, Bautista Correa

Cultivo vegetativo de *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo” en la costa central del Perú

Max Castañeda Franco, Arturo Mires Reyes, Wendy Oyola Salvador, Wilson Berrios Bustamante, Alena Manini Ramírez, Sol Vásquez Grados, Paul Martin Baltazar Guerrero

Evaluación de dos medios de cultivos en el desarrollo in vitro de gametofitos y esporofitos de *Macrocyctis pyrifera*

Eduar Fernández Dávila, Max Castañeda Franco, Antonio Calderón Navarro, Paul Baltazar Guerrero

Diseño e implementación de laboratorio para cultivo experimental de pepinos de mar del Ecuador

Ramón Zambrano, Marcela Basurto, Andric Quiñonez, Jorge Sonnenholzner, Javier Cedeño Estrada, Soledad Vela Chentini.

Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Acuicultura, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Nacionales, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Calle Rocaforte, Cuenca, Ecuador. Teléfono: 078 252 2000. Correo electrónico: cve@utma.edu.ec

Cultivo de la microalga *Chlorella sp.* usando el medio de cultivo Guillard y un fertilizante comercial (Bayfolan)

Alejandra Cármona V.C., Adrián James V.C., Ferrnandez María J.C., Gil Rodrigo J., Paredes Correa J.C., Wu Bautista W.C., Milagros C.M.

Laboratorio de Acuicultura experimental, Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Calle Rocaforte, Cuenca, Ecuador. Teléfono: 078 252 2000. Correo electrónico: cve@utma.edu.ec

Introducción

- El género *Chlorella* es uno de los algas verdes de mayor valor comercial por su alto contenido proteico, alto contenido vitamínico, bajo contenido lipídico, y alto contenido de carotenoides.
- Esta microalga puede cultivarse en medios específicos para microalgas, los medios de cultivo pueden ser de medio de cultivo que se usan para el cultivo de células animales, como el medio de cultivo de Ham's, F12, DMEM, RPMI, entre otros.
- El objetivo del presente trabajo es comparar el crecimiento poblacional de cultivo de células de microalga usando diferentes medios de cultivo y fertilizantes.

Materiales y Métodos

Se utilizaron los medios de cultivo de Ham's F12, DMEM, RPMI, entre otros, y el fertilizante comercial Bayfolan.

Resultados

Cultivo vegetativo de *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo” en la costa central del Perú

Max Castañeda Franco, Arturo Mires Reyes, Wendy Oyola Salvador, Wilson Berrios Bustamante, Alena Manini Ramírez, Sol Vásquez Grados, Paul Martin Baltazar Guerrero

Introducción

El desarrollo de una especie de maricultura sustentable en el Perú requiere de estudios de las especies nativas. En el Perú, el cultivo de *Gracilariopsis lemaneiformis* (Lamour, 1922) (G.L.) es una de las especies de algas marinas más importantes del cultivo acuícola peruano. El cultivo de G.L. requiere de un medio de cultivo que permita el desarrollo de las células vegetativas y de los esporofitos. El objetivo del presente trabajo es evaluar el crecimiento de las células vegetativas y de los esporofitos de G.L. en diferentes medios de cultivo.

Materiales y Métodos

Se utilizaron los medios de cultivo de Ham's F12, DMEM, RPMI, entre otros, y el fertilizante comercial Bayfolan.

Evaluación de dos medios de cultivos en el desarrollo in vitro de gametofitos y esporofitos de *Macrocyctis pyrifera*

Eduar Fernández Dávila, Max Castañeda Franco, Antonio Calderón Navarro, Paul Baltazar Guerrero

Introducción

El desarrollo de una especie de maricultura sustentable en el Perú requiere de estudios de las especies nativas. En el Perú, el cultivo de *Macrocyctis pyrifera* (Lamour, 1922) (M.P.) es una de las especies de algas marinas más importantes del cultivo acuícola peruano. El cultivo de M.P. requiere de un medio de cultivo que permita el desarrollo de los gametofitos y de los esporofitos. El objetivo del presente trabajo es evaluar el crecimiento de los gametofitos y de los esporofitos de M.P. en diferentes medios de cultivo.

Materiales y Métodos

Se utilizaron los medios de cultivo de Ham's F12, DMEM, RPMI, entre otros, y el fertilizante comercial Bayfolan.

Cultivo de moluscos

Influencia de las variables físicas sobre el ostión que habita en la laguna El Cheve, Cuba

Teresita Romero López, Abel Betanzos Vega

Influencia de las variables físicas sobre el ostión que habita en la Laguna El Cheve, Cuba

Romero L. T., Betanzos V. A.²

¹ Centro de Investigaciones Marítimas (CIM), Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana

² Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP), Ministerio de la Industria Alimentaria (MINA), La Habana

INTRODUCCIÓN

La laguna El Cheve (Figura 1) se localiza en el municipio Guines, Pinar del Río. Tiene un área aproximada de 2,27 km² y una profundidad media de 1,50 m. Es una laguna interior con un sistema de características marítimas e influencia estacional de aguas dulces. El desarrollo comercial está condicionado por el desarrollo de especies invasoras como *Crassostrea* y *Mytilus*.

La homeopatía en la reproducción y la inmunología de *Crassostrea virginica*
 Carlos Samuel Hernandez Villasana, Fabiola Guadalupe Arcos Ortega, José Manuel Mazón Suástegui, Jesús Antonio Lopez Carvallo

La homeopatía en la reproducción y la inmunología de *Crassostrea virginica*
 Carlos Samuel Hernández-Villasana¹, Guadalupe Fabiola Arcos-Ortega², José Manuel Mazón-Suástegui³, Jesús Antonio López-Carvallo⁴
¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Calle I.P.N. No. 195, Ctra. Boca Paila de Santa Rita Sur, C.P. 23060, La Paz, Baja California Sur, México.
²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Calle I.P.N. No. 195, Ctra. Boca Paila de Santa Rita Sur, C.P. 23060, La Paz, Baja California Sur, México.
³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio de Histología
⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio de Lipidos
 E-mail: jaramilola@cibnor.mx

Esfuerzo reproductivo versus lipofuscinosis en un ostión de clima templado *Crassostrea gigas* y uno tropical nativo *Crassostrea corteziensis*
 Carmen Rodríguez-Jaramillo, Eulalia Meza-Chávez, Elena Palacios-Mechetnov

Esfuerzo reproductivo versus lipofuscinosis en un ostión de clima templado (*Crassostrea gigas*) y uno tropical nativo (*Crassostrea corteziensis*)
 Carmen Rodríguez Jaramillo¹, Eulalia Meza Chávez², Elena Palacios Mechetnov³
¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio de Histología
²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio de Lipidos
 E-mail: jaramilola@cibnor.mx

INTRODUCCIÓN
 El ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* es una de las especies más comercializadas en la acuicultura de moluscos. En 2020 se logró un volumen de 25,378 toneladas, de las cuales 5,442 correspondieron a ostricultura y 9,836 al renglón de embarcaciones menores (Conoscar).

Crecimiento de caracol Manzanita *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) utilizando dos dietas artificiales elaboradas: con y sin adición de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, como fuente proteica
 Alejandra Torres-Ariño, Luis Gabriel Vivaldo-Patracá

Crecimiento de caracol Manzanita *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856) utilizando dos dietas artificiales elaboradas: con y sin adición de *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont 1892, como fuente proteica
 Torres-Ariño, A.¹ & Vivaldo-Patracá, L.G.²
¹Laboratorio de Biotecnología de Microalgas, Instituto de Industrias, Programa Educativo de Licenciatura en Ingeniería en Acuicultura, Universidad del Bío-Bío, Puyo, Arica, San Pedro de Atacama, Coahuila, México. cpatracala@gmail.com

INTRODUCCIÓN
Pomacea bridgesii (Reeve, 1856) es un gasterópodo de ríos, lagos y charcos, considerado una plaga y especie exótica. Sin embargo, su tasa de reproducción lo hace candidato en la participación de sistemas

Calidad de perlas mabés en la ostra perla *Pteria sterna* (Gould, 1851) en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador
 María Mercedes Espinoza-Vera, Lenin Cáceres-Farías, César Lodeiros

Calidad de perlas mabés en la ostra perla *Pteria sterna* (Gould, 1851) en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador
 María Mercedes Espinoza-Vera¹; Lenin Cáceres-Farías & César Lodeiros
¹Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Resistencia, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Carabona, Manabí 230123, Ecuador
²Escuela de Acuicultura, UDA, Los Rios, Ave. Capitan Byron Fariñas, 8 General Guayas, #91232020, Santo Domingo de los Colorados, Ecuador
 E-mail: espinozavm@utma.edu.ec

Introducción
 Mundialmente las bases científicas sobre protocolos para el establecimiento del cultivo de ostras perleras y las técnicas idóneas para la obtención de perlas mabés son poco

Efecto de compuestos bioactivos altamente diluidos (CBAD) en juveniles de almeja catarina *Argopecten ventricosus*, (Sowerby II, 1843) expuestos a estrés químico causado por agentes xenobióticos
 Ricardo Israel Vizcarra de Jesús, Guadalupe Fabiola Arcos Ortega, José Manuel Mazón Suástegui, José Delfino Barajas Frías

EFFECTO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS ALTAMENTE DILUIDOS (CBAD) EN JUVENILES DE ALMEJA CATARINA (*Argopecten ventricosus*, Sowerby II, 1843) EXPUESTOS A ESTRÉS QUÍMICO CAUSADO POR AGENTES XENOBIÓTICOS.
 Vizcarra-Jesús Ricardo Israel¹, Arcos-Ortega Guadalupe Fabiola², Mazón-Suástegui José Manuel³, Barajas-Frías José Delfino⁴
¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Calle I.P.N. No. 195, Ctra. Boca Paila de Santa Rita Sur, C.P. 23060, La Paz, Baja California Sur, México.
 E-mail: ricardovizcarra@gmail.com

INTRODUCCIÓN
 Existe una estrecha relación entre la agricultura, el ambiente y la acuicultura, donde los organismos

Efecto de la posición espacial de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana-gigas* (Thunberg, 1793) en la cesta de confinamiento bajo condiciones de cultivo suspendido en el estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador
 Milton Hernán Fernández García, Mirian Andrea Mogro Mendoza, Luis Manuel Treviño Zambrano, Vélez Falcones Jorge Enrique, César Lodeiros Seijo

Efecto de la posición espacial de la ostra del Pacífico *Crassostrea magallana-gigas* (Thunberg, 1793) en la cesta de confinamiento bajo condiciones de cultivo suspendido en el estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador
 Milton Hernán Fernández-García¹, Mirian Andrea Mogro-Mendoza, Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros
 Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caraquez, Ecuador *E-mail: fernandezm1995@gmail.com

INTRODUCCIÓN
 La ostra japonesa o del pacífico, *Crassostrea magallana-gigas* (Thunberg, 1793) es una de las especies más importantes en la acuicultura, con una estimación de más de 620.000 t en el año 2019, siendo uno de los moluscos de mayor producción a nivel mundial (FAO, 2021). Normalmente esta especie se cultiva bajo sistemas suspendidos (línea flotante, línea madre o línea fija), siendo estos sistemas de confinamiento para ser mejorados. Los cultivos sustentados y los sistemas en cesta están

Efecto de la densidad y selección de tallas de semillas sobre el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) en cultivo inicial en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador

Gema Miranda Chávez, Romina Pozo Farías, Jorge Vélez Falcones, Luís Treviño Zambrano, Cesar Lodeiros



Presencia del ácido graso octadecapentaenoico (18:5n-3) en tejidos de almejas como posible marcador de florecimientos de microalgas tóxicas

María Fernanda Muñoz Cruz, Olivia Arjona López, Elena Palacios Mechetnov



Dinámica poblacional de la ostra plana *Isognomom alatus*

Dwight Arrieche, Dilimar Fermín, Vanessa Acosta, Sergio Peláez, Natividad García



| Sustentabilidad de explotación y acuicultura

Cultivos de ostión y esponjas en la plataforma nororiental de Cuba. Alternativas pesqueras sostenibles basadas en la protección de ecosistemas

Abel de Jesús Betanzos Vega, Yoandry Martínez Arencibia, José Manuel Mazón Suástegui, Gustavo Arencibia Carballo, Rafael Antonio Tizol Correa



Influência do sistema de cultivo nos índices Hematológicos de Jundiá *Rhamdia quelen*, (Quoy & Gaimard, 1824)

Renata Stecca Iunes, André Luiz Veiga Conrado, Mateus Costa, Isabella Cristina Bordon, José Roberto Machado Cunha da Silva



Estudo da Redução de Sal no Desenvolvimento de Carapau Seco e Avaliação das Salmouras

Diana Barros, Élia Fernandes, Manuela Vaz-Velho

Efecto de la yesotoxina y del dinoflagelado *Protoceratium reticulatum* sobre la sobrevivencia de larvas veliger de *Argopecten purpuratus*

María Gabriela Nieves Molina, Michael Araya, Pablo Salgado, Eduardo Quiroga, Patricio A. Diaz, Gonzalo Álvarez

El pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) un dormilón gordo del Pacifico, pero flaco en investigación: un estudio cientométrico

Martín Alonso Arechiga Palomera, Fernando Vega Villasante, Héctor Gerardo Nolasco Soria, Olimpia Chong Carrillo

Características socio económico de los acuicultores de la región de Ucayali

Roberto Orlando Quesquén Fernández, Juan Valdivia Zuta, Jeon Haeun, Daniel Velarde, Alison Cabrera, Lidia Silvana Samaniego Pipó

Revolución Azul

Micaela Lizbet Altamirano Cobeñas, Andrea Luisa Loayza Sotomayor, Anthony Jesus Mendoza De La Vega, Mauricio Gonzalo Muñoz Roca, Kathleen Fiona Ruiz García

Análisis bibliométrico de la ontogenia de *Ilyodon Whitey*

Erick Emanuell García Vences, Laura Georgina Núñez García, Johana Diaz Larrea, Gabriela Vázquez Silva, Rubén García, José Luis Damas Aguilar, Sofía Barón

The image displays four scientific posters arranged vertically. Each poster features a header with logos of funding organizations and the year 2022. The posters are: 1) 'ESTUDO DA REDUÇÃO DE SAL NO DESENVOLVIMENTO DE CARAPAU SECO E AVALIAÇÃO DAS SALMOURAS' by Diana Barros, Élia Fernandes, and Manuela Vaz-Velho. 2) 'EFFECTO DE LA YESOTOXINA Y DEL DINOFLAGELADO *Protoceratium reticulatum* sobre la supervivencia de larvas veliger de *Argopecten purpuratus*' by María Gabriela Nieves Molina, Michael Araya, Pablo Salgado, Eduardo Quiroga, Patricio A. Diaz, and Gonzalo Álvarez. 3) 'El pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) un dormilón gordo del Pacifico, pero flaco en investigación: un estudio cientométrico' by Martín Alonso Arechiga Palomera, Fernando Vega Villasante, Héctor Gerardo Nolasco Soria, and Olimpia Chong Carrillo. 4) 'CARACTERÍSTICAS SOCIO ECONÓMICO DE LOS ACUICULTORES DE LA REGIÓN DE UCAYALI' by Roberto Orlando Quesquén Fernández, Juan Valdivia Zuta, Jeon Haeun, Daniel Velarde, Alison Cabrera, and Lidia Silvana Samaniego Pipó. Each poster includes a title, authors, affiliations, and a brief introduction.

Capacidad de biorremediación del poliqueto *Perinereis gualpensis* bajo diferentes cargas de lodo de acuicultura de salmón del Atlántico

Silvia Gómez Suárez, Gabriele Lara, Carlos Felipe Hurtado, Guillermo Valenzuela-Olea, Alice Turner

Cultivo final de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg 1793), en sistemas de cultivo de camarón, Estuario de Cojimíes, Esmeraldas, Ecuador

Evelyn Vélez Giler, María Mercedes Espinoza Vera, Lenin Cáceres Farias, Juan Cedeño Zambrano, Jorge Vélez Falcones, César Lodeiros

Crisis reputacional de la acuicultura en España: Estudio DAFO, medidas de mejora y acciones estratégicas

Manuel Rey-Méndez, Jacobo Fernández-Casal, Antonio Padín-Álvarez, Miguel Lastres-Couto, Nieves González-Henríquez

Estado Actual de la Acuicultura: Caso VRAEM

Lidia Silvana Samaniego Pipo, Cynthia Jo Rivero, Roberto Quesquén Fernández, Gloria Gutiérrez Romero, Juan Zuta Valdivia

| Biotecnología y bioproductos

Hidrólisis ácida de la quitina extraída de harina de cabezas de langosta precocida

Yilma Mercedes Estrada Hernández, Caridad Curbelo Hernández, Oxalis Rodríguez Martínez, Lilian Castillo López, Yeniset Fumero Acosta, Raquel Silveira Coffigny



CAPACIDAD DE BIORREMEDIACIÓN DEL POLIQUETO *Perinereis gualpensis* BAJO DIFERENTES CARGAS DE LODO DE ACUICULTURA DE SALMÓN DEL ATLÁNTICO

Gómez, S., Lara, G., Hurtado, C. F., Valenzuela-Olea, G. & Turner, A.^{1,2}
¹ Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica del Perú, Avda. Universitaria 330, Valdepoles, C.I.
² Laboratorio Costero de Cultivos, Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Universidad Austral, Valdivia, CHILE.
 E-mail: gualp@ucp.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la acuicultura en las últimas décadas ha incrementado también la generación de residuos derivados de sus actividades. La desajuste de los



Cultivo final de la ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg 1793), en sistemas de cultivo de camarón, Estuario de Cojimíes, Esmeraldas, Ecuador

Evelyn Vélez-Giler^{1*}, María Mercedes Espinoza-Vera^{1,2}, Lenin Cáceres-Farías^{1,2}, Juan Cedeño-Zambrano^{1,2}, Jorge Vélez-Falcones¹ y César Lodeiros^{1,2}
¹ Unidad de Acuicultura en Acuicultura, Universidad de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador; ² Instituto de Acuicultura, Universidad Técnica de Manabí, Esmeraldas, Ecuador; ³ Instituto de Acuicultura, Universidad Técnica de Cotacachi, Cotacachi, Ecuador; ⁴ Instituto de Acuicultura, Universidad Técnica de Cotacachi, Cotacachi, Ecuador; ⁵ Instituto de Acuicultura, Universidad Técnica de Cotacachi, Cotacachi, Ecuador; ⁶ Instituto de Acuicultura, Universidad Técnica de Cotacachi, Cotacachi, Ecuador.
 *E-mail: evelynv@univ.edu.ec

INTRODUCCIÓN

La ostra del pacífico *Magallana gigas* (antes *Crassostrea gigas*) es una especie introducida en varios países de todo el mundo con finalidad de cultivo, ya que posee una alta adaptabilidad a factores ambientales. En Ecuador fue introducida en el año 1990 conjuntamente con la



CRISIS REPUTACIONAL DE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA: ESTUDIO DAFO, MEDIDAS DE MEJORA Y ACCIONES ESTRATÉGICAS

Manuel Rey-Méndez¹, Jacobo Fernández-Casal², Antonio Padín-Álvarez³, Miguel Lastres-Couto⁴, Nieves González-Henríquez⁵
¹ Departamento de Economía y Biología Molecular/Instituto de Acuicultura, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España); ² Departamento de Acuicultura, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España); ³ Instituto de Acuicultura, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España); ⁴ Instituto de Acuicultura, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España); ⁵ Instituto de Acuicultura, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España).
 E-mail: manuel.rey@usc.es

INTRODUCCIÓN: una crisis reputacional se produce cuando tiene lugar alguna circunstancia, o se



INTRODUCCIÓN

En el Perú, el desarrollo de la acuicultura ha crecido en promedio 12.2 % en el último decenio 2008-2019. Asimismo, el Producto Interno Bruto (PIB) peruano creció en promedio 4.8% en el mismo periodo. Sin embargo, la acuicultura peruana enfrenta desafíos como la contaminación del agua, la falta de infraestructura adecuada y la falta de capacitación técnica. Este estudio analiza el estado actual de la acuicultura peruana y propone acciones estratégicas para mejorarla.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio de caso en el departamento de VRAEM, Perú. Se analizaron los datos de producción y consumo de alimentos acuáticos en el periodo 2018-2020. Se realizaron entrevistas a productores y se analizaron los datos de producción y consumo de alimentos acuáticos en el periodo 2018-2020.



Hidrólisis ácida de la quitina extraída de harina de cabezas de langosta precocida

Yilma M. Estrada-Hernández (1), Caridad Curbelo-Hernández (2), Oxalis Rodríguez Martínez (1), Lilian Castillo López (1), Yeniset Fumero Acosta (1) y Raquel Silveira Coffigny (1)
¹ Unidad de Acuicultura, Universidad de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador; ² Instituto de Acuicultura, Universidad Técnica de Manabí, Esmeraldas, Ecuador.
 E-mail: yilma.estrada@univ.edu.ec

RESUMEN

Los residuos de quitina y glucosaminos para su uso en acuicultura se obtienen mediante la hidrólisis ácida. El objetivo de este estudio es evaluar la hidrólisis ácida de la quitina extraída de la harina de cabezas de langosta precocida. Se realizó un estudio de caso en el departamento de VRAEM, Perú. Se analizaron los datos de producción y consumo de alimentos acuáticos en el periodo 2018-2020.

Hidrolizado de krill (OlyPep®) como estimulante del apetito y del crecimiento durante la transferencia al mar de salmón atlántico (Salmo salar)

Julio López Alvarado, Karl-Erik Slinning



Hidrolizado de krill (OlyPep®) como estimulante del apetito y del crecimiento durante la transferencia al mar de salmón atlántico (Salmo salar)

Julio Lopez Alvarado¹, Karl-Erik Slinning²

¹Rindal AL, Norevegata 8, 6002 Absrud, Norway
E-mail: julio.lopez.alvarado@indramat.no



Improving microbial food safety of fresh cheese with brown macroalgae (Phaeophyceae) extracts with antimicrobial properties

Rubiño S¹, Aymerich T¹, Peteiro C¹, Bover-Cid S¹, Hortós Bahí²

¹IRTA Food Safety and Functionality Programme, Finca Camps i Arnel s/n, 17121 Monells, Girona (Spain)

²Spanish Institute of Oceanography of the Spanish National Research Council (IEO-CSIC), Oceanographic Centre of Santander, Marine Culture Unit "El Bosque"



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE QUITOSANO A PARTIR DE DESECHOS DEL EXOSQUELETO DE CANGREJO (CALLINECTES ORNATUS) MEDIANTE MÉTODOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

María Victoria C^{1*}, Jesús L¹

¹Universidad de Oriente, Núcleo Nueva España, Escuela de Ciencias Aplicadas al Mar (ECAM), Departamento de Acuicultura, Boca de Río, Isla de Margarita, Venezuela

*E-mail: mvicari@gu.com

Descripción del proceso de obtención de quitosano a partir de desechos del exoesqueleto de cangrejo Callinectes ornatus mediante métodos químicos y biológicos

María Victoria Castro Vázquez, Jesús Luna

Utilidad de las macroalgas marinas de arribazón en farmacología y cosmetología

Nelson Javier Ramírez-Linares, Yuraima García-González, Yoarlis Fernández-Narváez



POTENCIAL ANTIPROLIFERATIVO DE COMPUESTOS EXTRAÍDOS DE LA TINTA DEL PULPO COMÚN (Octopus vulgaris)

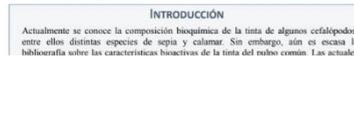
Marta Ramos-Barbero¹, Laura M. Pantoja-Echevarría², Carlos Abor-Luna³, Eva E. Rufino-Palomares¹, Cristina E. Trenzado¹, Amalia Pérez-Jiménez¹

¹Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

²Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

³Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

E-mail: ramor@ugr.es



PUESTA EN VALOR DE ALGAS DE ARRIBAZÓN COMO BIOMATERIALES FUNCIONALES

Gabriel Pereiro López¹

¹ Investigador del Programa Talento Sénior en I+D+i (Proyecto de España)

E-mail: gperero@uniovi.es

Potencial antiproliferativo de compuestos extraídos de la tinta del pulpo común Octopus vulgaris

Marta Ramos Barbero, Laura Pantoja Echevarría, Carlo Salor Luna, Eva Encarnación Rufino Palomares, Cristina E. Trenzado Romero, Amalia Pérez Jiménez

Puesta en valor de algas de arribazón como biomateriales funcionales

Gabriel Pereiro López

Purificación y actividad antibacteriana de actinomicetos marinos para ser utilizados en la acuicultura

Ricardo Medina García, José Manuel Mazón Suástegui, Ricardo Polinars Medina Marrero, Milagro García Bernal

Purificación y actividad antibacteriana de actinomicetos marinos para ser utilizados en la acuicultura

Ricardo Medina García^{1*}, José Manuel Mazón Suástegui², Ricardo Medina Marrero³, Milagro García Bernal²

¹Centro de Bacterias Químicas, Universidad Central de Las Villas (CUBAQ) C/ 25 de Septiembre s/n, 51010, Santa Clara, Villa Clara, Cuba CP51000

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Mar Batajeo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S., México CP23090

³E-mail: rmedina@uclv.cu

INTRODUCCIÓN: Actualmente la utilización de bacterias probióticas está cobrando gran importancia en el campo de la acuicultura, no sólo porque mejoran los índices de crecimiento, sino también, porque crean una mayor resistencia de los organismos a las enfermedades, lo que conlleva a mejores resultados en la producción acuícola (Hess et al.,

Probiotic related features of *Streptomyces* spp. R18 revealed through genome and metabolite profiling

Ricardo Medina García, Milagro García Bernal, José Manuel Mazón Suástegui, Wenliang Wang, Gerry Wright, Ricardo Polinars Medina Marrero

Probiotic related features of *Streptomyces* spp. R18 revealed through genome and metabolite profiling

Ricardo Medina-García^{1*}, Milagro García-Bernal^{2,3}, José Manuel Mazón-Suástegui², Wenliang Wang⁴, Gerry Wright⁵ and Ricardo Medina Marrero⁶

¹Department of Microbiology, Central University of Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Calle IPN, No. 135, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, México CP23090

³U. B. Database Institute for Infectious Disease Research, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada

⁴E-mail: rmedina@uclv.cu

INTRODUCTION: Probiotics commonly used in aquaculture include strains of the genus *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Levonicoccus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Zitnerbacter*, *Pseudomonas*, *Clostridium* and *Saccharomyces* (Hsu 2013). Recently, we have shown that *Streptomyces* strains alone or combined with other genera exert an outstanding probiotic effect on shrimps by increasing survival, post-mortem, recolonization, immunoreactive metabolite levels and water

Efecto antiinflamatorio y antioxidante de fracciones extraídas de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris*

Laura María Pantoja-Echevarría, Marta Ramos-Barbero, Carlos Alor-Luna, Cristina E. Trenzado, Amalia Pérez-Jiménez, Eva E. Rufino-Palomares

EFFECTO ANTIINFLAMATORIO Y ANTIOXIDANTE DE FRACCIONES EXTRAÍDAS DE LA TINTA DEL PULPO COMÚN *Octopus vulgaris*

Laura Pantoja-Echevarría¹, Marta Ramos-Barbero¹, Carlos Alor-Luna², Cristina E. Trenzado³, Amalia Pérez-Jiménez¹, Eva E. Rufino-Palomares¹

¹Departamento de Zoología, ²Departamento de Bioquímica y Biología Molecular 1, ³Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España, e-mail: ljpantoja@ugr.es

Introducción

Numerosos estudios han demostrado que la tinta de calamar y sepias tiene propiedades antibacterianas, inmunomoduladoras, antiinflamatorias, anticancerígenas, neuroprotectoras, analgésicas y antipalúdicas. Sin embargo, las propiedades bioquímicas y biológicas de la tinta del pulpo común *Octopus vulgaris* aún están poco definidas. Por lo tanto, el objetivo de nuestra investigación es evaluar la capacidad antiinflamatoria y

Effect of different extraction processes on the structure and properties of alginate from the macroalgae *Laminaria hyperborea*

Meirielly Jesus, Preciosa Pires, Aloia Romaní, Elia Fernandes, Manuela Vaz-Velho

Effect of different extraction processes on the structure and properties of alginate from the macroalgae *Laminaria hyperborea*

Meirielly Jesus (1); Preciosa Pires (1); Aloia Romaní (2); Elia Fernandes (3); Manuela Vaz-Velho (1)

¹Universidade do Algarve, Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Ciências, Universidade do Algarve, Campus de Faro, Faro, Portugal

²IPVCSIGOS, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Superior de Engenharia de Viana do Castelo, Viana do Castelo, Portugal

³IPVC, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Superior de Engenharia de Viana do Castelo, Viana do Castelo, Portugal

E-mail: meiriellyjesus@ua.pt

Ensayo in vivo de tres potenciales probióticos de la región patagónica utilizando el pez modelo *Danio rerio*

Melania Fernández, Mariano Moris, María Amelia Cubitto, Cynthia Sequeiros

ENSAYO IN VIVO DE TRES POTENCIALES PROBIÓTICOS DE LA REGIÓN PATAGÓNICA UTILIZANDO EL PEZ MODELO *Danio rerio*

Fernández M^{1,2}, Moris M³, Cubitto MA³, Sequeiros C¹

¹CESEMAR OCT CONICET-CEINPAT

²Estación de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Provincia de Chubut

³ICT CONICET-CEINPAT

⁴Departamento de Biología y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

E-mail: melaniafernandez@ceinpat-conicet.gov.ar

INTRODUCCIÓN

A fish model of water quality by

Evaluation of hydrocolloids coatings with plant and animal proteins on Atlantic Bonito fillets *Sarda sarda*

Rita Pinheiro, Joana Solinho

EVALUATION OF HYDROCOLLOIDS COATINGS WITH PLANT AND ANIMAL PROTEINS ON ATLANTIC BONITO FILLETS (*SARDA SARDA*)

Solinho J.¹, Pinheiro R.^{1,2}

¹Universidade Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo

²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

²⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

³⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁴⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁵⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁶⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁷⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁸⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹¹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹²CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹³CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁴CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁵CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁶CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁷CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁸CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

⁹⁹CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

¹⁰⁰CEITEC - Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Alimentares e Sustentabilidade

Comparative study between two *Thymus vulgaris* essential oils: Identification of their chemical composition and evaluation of their antibacterial activity

Asmaa Chbel, Abdelhakim Elmaksoudi, Manuel Rey-Méndez, Juan L. Barja, Ouafaa Aniq Filali, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalif

Effect of temperature, CO2 and O2 on motility and mobility of *Anisakidae* larvae

Aiyan Guan, Inge Van Damme, Frank Devlieghere, Sarah Gabriël

Actividad biológica de *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta)

Leonor Brito, Mary I. Segnini

Probiotics, prebiotics and phytobiotics as sustainable dietary ingredients in aquaculture

Fatimazahra Jouga, Souraya Sakoui, Reda Derdak, Manuel Rey Méndez, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalif

Anti-vibrio activity of lactic acid bacteria isolated from bat guano

Souraya Sakoui, Reda Derdak, Fatimazahra Jouga, Boutaina Addoum, Manuel Rey Méndez, Juan L. Barja, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalif



Comparative study between two *Thymus vulgaris* essential oils: Identification of their chemical composition and evaluation of their antibacterial activity

Asmaa Chbel¹, Abdelhakim Elmaksoudi², Manuel Rey-Méndez³, Juan L. Barja⁴, Ouafaa Aniq Filali⁵, Abdelaziz Soukri⁶, Bouchra El khalif⁷

¹Laboratory of Phytopathology, Molecular Genetics and Biotechnology Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University of Casablanca, Morocco.
²Laboratory of Organic Synthesis, Extraction, and Valorization (OSEV), Department of Chemistry, Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University of Casablanca.
³Laboratory of Molecular Systematics, Department of Biochemistry & Molecular Biology, Faculty of Sciences, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.



Effect of temperature, CO₂ and O₂ on motility and mobility of Anisakidae larvae

Aiyan Guan^{1,2*}, Inge Van Damme^{1,3}, Frank Devlieghere^{1,3} & Sarah Gabriël^{1,3*}

*MIP-UGent, Research Unit Laboratory of Food Microbiology and Food Preservation, Department of Food Technology, Safety and Health, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure links 323, 9000 Ghent, Belgium; ¹Laboratory of Foodborne Parasite Zoonoses, Department of Veterinary Public Health and Food Safety, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Salisbury 103, 9000 Ghent, Belgium; ²These authors contributed equally: Frank Devlieghere and Sarah Gabriël; Email: Aayan.Guan@ugent.be

Introduction

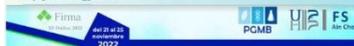
- Anisakidae, marine nematodes, are under recognized zoonotic foodborne parasites



Probiotics, prebiotics and phytobiotics as sustainable dietary ingredients in aquaculture

Fatimazahra Jouga¹, Souraya Sakoui¹, Reda Derdak¹, Manuel Rey Méndez², Abdelaziz Soukri³ and Bouchra El khalif⁴

¹Laboratory of Phytopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Faculty of Sciences Ain Chock, Health and Biotechnology Research Centre, Hassan II University of Casablanca, Moadif B.P.5066, Casablanca, Morocco.
²Laboratory of Molecular Systematics, Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.
³Laboratory of Microbial Systematics, Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.
⁴Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Biology, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.



Anti-vibrio activity of lactic acid bacteria isolated from bat guano

Souraya Sakoui¹, Reda Derdak¹, Fatimazahra Jouga¹, Boutaina Addoum¹, Manuel Rey Méndez², Juan L. Barja³, Abdelaziz Soukri⁴, Bouchra El khalif⁵

¹Laboratory of Phytopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Faculty of Sciences Ain Chock, Health and Biotechnology Research Centre, Hassan II University of Casablanca, Moadif B.P.5066, Casablanca, Morocco.
²Laboratory of Molecular Systematics, Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.
³Laboratory of Microbial Systematics, Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.
⁴Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Biology, Mohammed VI University of Casablanca, Morocco.
⁵Institute of Aquaculture, University of Casablanca, Morocco.

| Cultivo de crustáceos

Silver nanoparticles induce histopathological alterations in juvenile *Penaeus vannamei*

María Cristina Chávez Sánchez, Selene Abad Rosales, Rodolfo Lozano Olvera, Leobardo Montoya Rodríguez, Miguel Ángel Franco Nava, Claudio-Humberto Mejía Ruíz, Nina Bogdanchikova



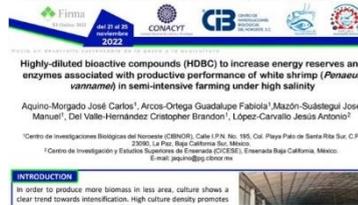
Bacterias heterótrofas en el agua de producción larvaria del camarón blanco *Penaeus vannamei*

Alexandra Elizabeth Bermúdez Medranda, Jenifer Tatiana Falcones Rodríguez, Melina Gianella García, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana



Highly-diluted bioactive compounds (HDBC) to increase energy reserves and enzymes associated with productive performance of white shrimp *Penaeus vannamei* in semi-intensive farming under high salinity

José Carlos Aquino Morgado, Guadalupe Fabiola Arcos Ortega, José Manuel Mazón Suástegui, Christopher Brandon Del Valle Hernández, Jesús Antonio López Carvallo



Residuos pesqueros como suplemento en dietas acuícolas: una alternativa para incrementar la sustentabilidad en la producción de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*

Emily Sol García Martínez, Liane Stumpf, Pau Germino Swinyard, Gonzalo Coccolo, Valentín Villamonte, Laura Susana López Greco, Analía Verónica Fernández Giménez



Evaluación de bacterias marinas aisladas de costas del sur de Sonora, México, y su potencial utilización como probiótico y antagonista para *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*

Karla A. Soto Marfileño, Lucio Galaviz Silva, Zinnia Judith Molina Garza



Compuestos bioactivos altamente diluidos mejoran el rendimiento pre-reproductivo en camarón blanco *Penaeus vannamei* Boone, 1931
 Christopher Brandon Del Valle-Hernández, Guadalupe Fabiola Arcos-Ortega, José Carlos Aquino-Morgado, Jesús Antonio López-Carvalho, José Manuel Mazón-Suástegui

Composición bioquímica proximal de huevos, larvas y tejidos de hembras de *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) alimentadas con dietas con distintos niveles de proteínas y lípidos
 Omar Alejandro Peña Almaraz, Manuel Alejandro Vargas Ceballos, Fernando Vega Villasante

Composición fisicoquímica y microbiológica de tres alimentos balanceados comerciales para postlarvas del camarón blanco *Penaeus vannamei*
 José Eduardo Chávez Macay, Adrian Javier Pincay Zambrano, Fernando Ramón Isea León

Detección de *Vibrio parahaemolyticus* en post-larvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) colectados en los tanques de transporte, previa siembra en México.
 Nayeli Esmeralda Uribe Ochoa, Silvia Gómez, Alba Rocío Ochoa, José Cuauhtémoc Ibarra, Alexander Varela

Impacto de los Protozoarios Epibiontes en Camarón de Cultivo (*Litopenaeus vannamei*) en Fincas de la Costa Occidental del Estado Falcón, Venezuela
 Edison Sidney Pascal Bello

Indicadores de calidad de la langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*) de cultivo
 Yeniset Fumero Acosta, Oxalis Rodríguez Martínez, Lisvel Rodríguez Álvarez-Guerra, Ileana Olivares Ocegüera, Ideilys Barrios Puentes, Whitney Sixela Rodríguez Fuentes, Raquel Silveira Coffigny



COMPUESTOS BIOACTIVOS ALTAMENTE DILUIDOS MEJORAN EL RENDIMIENTO PRE-REPRODUCTIVO EN CAMARÓN BLANCO *Penaeus vannamei* Boone, 1931.

Christopher Brandon Del Valle-Hernández¹, Guadalupe Fabiola Arcos-Ortega¹, José Carlos Aquino-Morgado¹, Jesús Antonio López-Carvalho¹, José Manuel Mazón-Suástegui²

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNO), Calle 1714 No. 199, Col Playa Palo de Santa Rita Sur, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México.
²Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE), Calle, Calera, C.P., Ensenada Baja California, México.

INTRODUCCIÓN

Composición bioquímica proximal de huevos, larvas y tejidos de hembras de *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) alimentadas con dietas con distintos niveles de proteínas y lípidos

Omar Alejandro Peña-Almaraz¹, Manuel Alejandro Vargas-Ceballos¹, Fernando Vega-Villasante²

¹Programa de Doctorado BISMARENA, Universidad de Guadalupe, Centro Universitario de la Costa, Puerto Vallarta, Jalisco, México.
²Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental, Universidad de Guadalupe, Av. Universidad 203, Col. Guadalupe, P.O. Box 1000, Puerto Vallarta, Jalisco, México.
 E-mail: omarpena@uag.mx



COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE TRES ALIMENTOS BALANCEADOS COMERCIALES PARA POSTLARVAS DEL CAMARÓN BLANCO *Penaeus vannamei*

José Eduardo Chávez Macay¹, Adrián Javier Pincay Zambrano¹, Fernando Ramón Isea León¹
¹Unidad de Investigación de Nutrición y Alimentación Acuática, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Reservados (DINARA), Instituto de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
 E-mail: eduardo@univm.edu.ec

Introducción

Uno de los aspectos más críticos de la acuicultura es la nutrición para un crecimiento óptimo, y esta debe aportar todos los nutrientes necesarios en cantidad y calidad porque estos son indispensables para que los peces, moluscos, se mantengan vivos, saludables, y con una adecuada conversión (Molina...



Detección de *Vibrio parahaemolyticus* en post-larvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) colectados en los tanques de transporte, previa siembra en México.

Nayeli Esmeralda Uribe Ochoa¹, Silvia Gómez², Alba Rocío Ochoa², José Cuauhtémoc Ibarra³, Alexander Varela⁴

¹Instituto Tecnológico de Sonora
²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
³Instituto Tecnológico de Toluca
⁴Instituto Tecnológico de Sonora
 E-mail: nora.uro@itson.mx



Impacto de los Epibiontes en Camarón de Cultivo (*Litopenaeus vannamei*) en Fincas de la Costa Occidental del Estado Falcón, Venezuela

Edison Pascal

Profesor del Área de Acuicultura del Instituto de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia (IUVZ), Investigador del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Asesor de Control de Calidad en Grupo Larval, Ciudad Falcón

INTRODUCCIÓN	OBJETIVOS
El cultivo de camarón representa uno de los sectores de la Acuicultura con más rápido crecimiento en América Latina, Asia, y más recientemente África. Existen varias enfermedades que afectan estos cultivos, entre estas se encuentran por protozoarios	Quantificar el Impacto de los Epibiontes en Camarón de Cultivo (Especies desconocidas) en Fincas de la Costa Occidental del Estado Falcón, Venezuela

Estado Falcón, Venezuela



Indicadores de calidad de la langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*) de cultivo
Quality indicators of farmed red claw (*Cherax quadricarinatus*)

M.Sc. Yeniset Fumero Acosta¹, M.Sc. Oxalis Rodríguez Martínez¹, Lic. Lisvel Rodríguez Álvarez-Guerra¹, Lic. Ileana Olivares Ocegüera¹, Lic. Ideilys Barrios Puentes¹, Lic. Whitney Sixela Rodríguez Fuentes¹ y Dra. C. Raquel Silveira Coffigny¹

¹Centro de Investigaciones Pesqueras La Habana, Cuba.
 E-mail: yfumero@cip.havana.cu

Abstract: The freshwater lobster (*Cherax quadricarinatus*) is a fishery resource that, due to its sensory qualities and high productive potential, has been cultured in various countries around the world, including Cuba. The objective of this research is to evaluate the microbiological, chemical and sensory quality indicators of freshwater lobster destined for export through a deterioration study. We worked with a total of 60 samples collected in Santiago de Cuba and processed in the EPISGRAN Fishing Industry in Gramma. The sensory descriptors were generated through an accelerated deterioration study and the descriptive sheet (raw and cooked product) and the

Efecto de la ablación unilateral en *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) en condiciones de laboratorio: sistema inmune y bioquímica
 Irma Vargas Téllez, Ruth Escamilla Montes, Genaro Diarte Plata, Antonio Luna González, Ana Sofía Vega Carranza, Martha Michey Cruz Cervantes, Juan Francisco Arzola González

Respuesta fisiológica y desempeño de camarón Blanco *Litopenaeus vannamei* a la aplicación de Compuestos Bioactivos Altamente Diluidos (CBADs) en laboratorio
 Claudia Morales Sánchez, José Manuel Mazón Suástegui, Arturo Tripp Quezada, Guadalupe Fabiola Arcos Ortega

Comparación de variables de producción y efectos en sedimentos en piscinas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* implementadas con dos sistemas de alimentación automática
 Oscar Harón Gavilán Moreno, Dennis Tomalá Solano

Efecto de dos atrayentes en la alimentación de juveniles de camarón *Penaeus vannamei* con torta de soya (*Glycine max* L.)
 Néstor Raúl Vélez Vives, Evelyn Esthefanía Villavicencio Fariás, Marjorie Armenia Idrovo Vishuete, Juan José Bernal Zambrano, Fernando Ramón Isea León

Cultivo de Camarón Marino en Jaulas flotantes, Bahía de Turpialito, estado Sucre, Venezuela
 César Graziani, Rosmary Bolívar, Andrés Montes, Rosalida Marchán, Miguel Castillejo, Jesús Rodríguez, Pedro Suarez

Caracterización de plásmidos portadores de toxinas PirAB en *Vibrio parahaemolyticus*
 Andrea Torres Copado, Mariana García Ortega, Paloma Moreno Gómez, Verónica Carballo Salazar, Jonathan Morales Rodríguez, Enrique Romo Toral, Héctor Ambríz González, Hectorina Elena Rodulfo Carvajal

Efecto de la ablación unilateral en *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) en condiciones de laboratorio: sistema inmune y bioquímica
 Irma Vargas Téllez¹, Ruth Escamilla Montes², Genaro Diarte Plata³, Antonio Luna González⁴, Ana Sofía Vega-Carranza⁵, Martha Michey Cruz-Cervantes⁶, Juan Francisco Arzola-González⁷
¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
²Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
³Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
⁴Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
⁵Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
⁶Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
⁷Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Mochis, Sinaloa, México
 E-mail: gja@uas.mx

1. Introducción

DISEÑO EXPERIMENTAL

Respuesta fisiológica y desempeño de camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*) a la aplicación de Compuestos Bioactivos Altamente Diluidos (CBADs) en laboratorio.
 Morales-Sánchez C¹, Mazón-Suástegui J.M², Tripp-Quezada A¹, Arcos-Ortega G.F.³
¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional
²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
 E-mail: clmorales@gmail.com

RESUMEN

COMPARACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y EFECTOS EN SEDIMENTOS EN PISCINAS DE CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*) IMPLEMENTADAS CON DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA
 Gavilán-Moreno, Oscar¹ y Tomalá-Solano, Dennis²
¹Universidad Estatal Península de Santa Elena, Campus La Libertad Via Principal, Santa Elena, La Libertad, Ecuador
 E-mail: oscar.gavilánmoreno@ups.edu.ec

INTRODUCCIÓN
 La gestión de la alimentación es una parte integral en la acuicultura y se vuelve difícil en la producción de los camarones. Habitualmente, el objetivo en el cultivo de camarón consiste en la obtención de buenas y buena producción a partir de dietas

Las piscinas a prueba engorde del camarón, pasan por una fase anterior de pre-cría, llegando con un peso equivalente de 0.30 g. La densidad de siembra se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Densidad de siembra

Piscina	Densidad de siembra (larvas/m ²)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500
6	600
7	700
8	800
9	900
10	1000

Efecto de dos atrayentes en la alimentación de juveniles de camarón *Penaeus vannamei* con torta de soya (*Glycine max* L.)
 Néstor Raúl Vélez Vives, Evelyn Esthefanía Villavicencio Fariás, Marjorie Armenia Idrovo Vishuete, Juan José Bernal Zambrano, Fernando Ramón Isea León.
 Grupo de Investigación de Nutrición y Alimentación Acuática, Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Acuáticos Restorativos (DAPENR), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
 E-mail: nvelez@upv.edu.ec

Introducción
 En Acuicultura el uso de alimentos balanceados de calidad favorece a aumentar de forma importante el impacto en la producción y las utilidades en los cultivos comerciales de organismos acuáticos, sin embargo, estos son costosos y pueden variar entre el 50 y 70% del total de gastos de

Cultivo de Camarón Marino en Jaulas flotantes, Bahía de Turpialito, estado Sucre, Venezuela.
 César Graziani¹, Rosmary Bolívar², Andrés Montes³, Rosalida Marchán⁴, Miguel Castillejo⁵, Jesús Rodríguez⁶, Pedro Suarez⁷
¹Empresa Socialista Pesquera Industrial del Alto (Pescaalta, S.A.)
²Unidad Binacional de Pesca y Acuicultura (UNOPESCA)
³Asignación de Acuicultura Comunal del estado Sucre
 E-mail: ggraziani@unopescas.com

Introducción
 La industria camaronera en Venezuela está representada por cultivos de engorde en lagunas artificiales sembradas con Post Larvas producidas en laboratorios zootécnicos, esta actualmente representa al sector rubro de acuicultura luego del

Caracterización de plásmidos portadores de toxinas PirAB en *Vibrio parahaemolyticus*
 Andrea Torres Copado, Mariana García Ortega, Paloma Moreno Gómez, Verónica Carballo Salazar, Jonathan Morales Rodríguez, Enrique Romo Toral, Héctor Ambríz González, Hectorina Elena Rodulfo Carvajal
 Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Campus Querétaro, México
 E-mail: hector@tec.mx

INTRODUCCIÓN
 En la industria camaronera la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (NHPNCA) causada por

Cuidado y recuperación de poblaciones del camarón de río *Cryphiops caementarius* en la región Arequipa

Antonia Fortunata Chávez Oporto, Daniel Medina Rivera, Katherine Mendoza



Efecto de la ablación unilateral en el comportamiento de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) en condiciones de laboratorio

Irma Vargas Téllez, Genaro Diarte Plata, Ruth Escamilla Montes, Juan Francisco Arzola González, José Cristóbal Román Reyes, Martín Ignacio Borrego



VÍDEOS

| Biodiversidad, conservación y evaluación de recursos

Arrecifes mediterráneos de algas calcáreas esciáfilas: efecto del cambio climático

Elena Rodríguez López, Lucía Martínez, Meritxell Maimi Checa, Carles Toran, Blanca Feliu, Miguel Rodilla



Listado taxonómico y aspectos ecológicos de las larvas de peces de las aguas oceánicas superficiales de la Fosa de Cariaco, Venezuela

Mariana Rondón, Juan López-Marcano, José Núñez, Baumar Marín



Efecto de las estructuras artificiales para la puesta de Sepia fondeadas en fondos de arenas finas

Blanca Feliu Tena, Carles Torán, Mar Giménez, Meritxell Maimi Checa, Lucía Martínez, Silvia Falco, Miguel Rodilla



Biodiversidad acuática de un humedal costero: El Marjal Pego Oliva (Mediterráneo Occidental)

Keyla Eugenio Cruz, Silvia Falco, Miguel Rodilla, Ana Cecilia Dufilho



Isolation, identification of lactic acid bacteria isolated from raw donkey milk and evaluation of their antibacterial activity against aquacultural pathogens

Reda Derdak, Souraya Sakoui, Boutaina Addoum, Javier Quinteiro, Jorge Rodríguez Castro, Manuel Rey Méndez, Juan L. Barja, Abdelaziz Soukri, Bouchra El Khalfi



Estudio reproductivo de la especie exótica *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnaud, 1855) en el Río Yaque del Norte, República Dominicana
 Mairin Lemus, Luis López-Cruz, Jean Petit-Homme, Jennifer Sánchez, Erika Bautista



| Pesca y administración pesquera

Caracterización de la actividad pesquera de la Laguna de Zapotlán, Jalisco
 Aurora Berenice Gutiérrez Cedillo, J. Guadalupe Michel Parra, Oziel Dante Montañez Valdez



Pesquería artesanal sostenible en el Lago de Maracaibo en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU
 Royner Alexander Carrasquero Labarca, María Laura Hurtado Leon, Néstor Luis Pereira Parra



Desarrollo de un nugget con base en pasta de plumuda (*Opisthonema spp.*) y pasta de carduma (*Cetengraulis mysticetus*)
 Jairo Humberto López Vargas, Laura Vanesa Peña Roa, Adriana Patricia Muñoz Ramírez



| Contaminación y efectos antrópicos

Caracterización Física y química de microplásticos en una playa turística al sur del mar caribe
 Edgar Alexander García Marcano, Ivis Marina Fermín, Juan José López Marcano



Asentamiento de las megalopas de la especie invasora *Callinectes sapidus* en un estuario regulado de L'Albufera de València (Mediterráneo Occidental)

Alberto Gil Fernández, Paula Navarro García, Miguel Rodilla, Silvia Falco

Asentamiento de las megalopas de la especie invasora *Callinectes sapidus* en un estuario regulado de L'Albufera de València (Mediterráneo Occidental)

Autores: Alberto Gil, Paula Navarro, Miguel Rodilla, Silvia Falco
Para más información: algilfer1@upv.es

Resultados preliminares del proyecto "Identificando el microplástico como basura marina en las playas turísticas aledañas a San Pedro de Macorís, República Dominicana"

Bladimir José Gómez Marval, Lolymer De Los Ángeles Romero Maza

Resultados preliminares del proyecto "Identificando el microplástico como basura marina en las playas turísticas aledañas a San Pedro de Macorís, República Dominicana.

General: Bladimir Gómez Marval
bladimir.gomez@ubv.edu.do, lolymer.romero@ubv.edu.do
Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña (Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña) República Dominicana

Cambio climático

Efecto de la temperatura sobre la incorporación de cadmio en *Colossoma macropomun*

Mairin Lemus, Raquel Salazar-Lugo, José Prin

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA INCORPORACIÓN DE CADMIO EN *Colossoma macropomun*

Mairin Lemus¹, Raquel Salazar-Lugo², Jose Prin³

¹Instituto de Formación Docente Salomé Ureña, Avda. Emilio Prud'homme, Santiago, 1010, República Dominicana
mairin.lemus@ufv.edu.do
²Departamento de Acuicultura, Universidad de Oriente, Bolívar de Soaje, Ciudad 6
³Instituto de Investigaciones en Acuicultura, Universidad de Oriente, Venia

Biología, fisiología y ecología de especies

Fecundidad de *Callinectes sapidus* y *Callinectes rathbunae* (Decapoda: Portunidae) en Paraíso, Tabasco, México

Candelario Jiménez Olivares, Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, Sergio Cházaro Olvera, Fernando Álvarez Noguera, Verónica Mitsui Saño Quesada, Mixtli Crisóstomo Pérez, Iztel Pérez Olivares

Fecundidad de *Callinectes sapidus* y *Callinectes rathbunae* (Decapoda: Portunidae) en Paraíso, Tabasco, México.

Jiménez Olivares Candelario¹, Salgado Ugarte Isaías Hazarmabeth², Cházaro Olvera Sergio³, Álvarez Noguera Fernando⁴, Saño Quesada Verónica Mitsui⁵, Crisóstomo Pérez Mixtli⁶, Pérez Olivares Iztel⁷

¹Programa en Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
²Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
³Departamento de Ecología, Instituto de Biología UNAM, Ciudad de México, México
⁴Departamento de Ecología, Instituto de Biología UNAM, Ciudad de México, México
⁵Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
⁶Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
⁷Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
E-mail: candelariojimenez@gmail.com

Importancia del consumo de arenas y conchas en la dieta de *Callinectes sapiudus* y *Callinectes rathbunae* (Decapoda: Portunidae) en Paraíso, Tabasco, México

Candelario Jiménez Olivares, Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, Verónica Mitsui Saño Quesada, Iztel Pérez Olivares, Mixtli Crisóstomo Pérez, Mario Antonio Gatica Martínez

Importancia del consumo de arenas y conchas en la dieta de *Callinectes sapiudus* y *Callinectes rathbunae* (Decapoda: Portunidae) en Paraíso, Tabasco, México.

Jiménez Olivares Candelario¹, Salgado Ugarte Isaías Hazarmabeth², Cházaro Olvera Sergio³, Álvarez Noguera Fernando⁴, Saño Quesada Verónica Mitsui⁵, Crisóstomo Pérez Mixtli⁶, Pérez Olivares Iztel⁷

¹Programa en Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
²Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
³Departamento de Ecología, Instituto de Biología UNAM, Ciudad de México, Ciudad de México
⁴Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
⁵Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
⁶Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
⁷Laboratorio de Biología y Ecología Acuática, Campus 6, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM
E-mail: candelariojimenez@gmail.com

Genética poblacional del baunco *Girella laevis*, una especie de bajo nivel trófico candidata para la piscicultura marina sostenible en Latinoamérica, basada en el análisis de polimorfismos del ADN mitocondrial

Borja Moya, José Miguel Cerda, Patricio Ojeda, César A. Cruz-Castellón, David Cordero, Carlos Saavedra



La microscopía como herramienta de identificación y registro

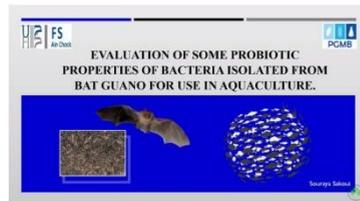
Carlos Gómez Revello



| Cultivo de peces

Evaluation of some probiotic properties of bacteria isolated from bat guano for use in aquaculture

Souraya Sakoui, Reda Derdak, Boutaina Addoum, Juan L. Barja, Manuel Rey Méndez, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalfi



| Cultivo de crustáceos

Cambios patológicos y microbiológicos en el hepatopáncreas del camarón blanco *Penaeus vannamei* causados por el patógeno emergente *Enterocytozoon hepatopenaei*

Jesús Antonio López Carvallo, Roberto Cruz Flores, Arun K. Dhar



Orientación de las Piscinas camaroneras con respecto a la dirección del viento predominante

Jaime Ulises Paz López



Influencia de las condiciones de cultivo sobre parámetros de eclosión de una cepa de *Artemia franciscana* aislada de Araya

Josleidy Betancourt, Dialys Bastardo



Cuidado y recuperación de poblaciones del camarón de río *Cryphiops caementarius* en la región Arequipa

Antonia Fortunata Chávez Oporto, Daniel Medina Rivera, Katherine Mendoza



Efectos de concentraciones toxicas de nitrato sobre el desempeño de crecimiento del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* en un sistema de biofloc

Raul Claro De Los Santos, Dayanna Andrea Vera Delgado, André Luiz Braga De Souza



Efectos de la aplicacion del neurotransmisor serotonina y del antagonista de la dopamina (espiperona) en la calidad espermática del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*

Jorge Vladimir Álvarez Montoya, Aketzali Amador Esquivel, Laura Liliana López Galindo, André Luiz Braga de Souza



| Cultivo de moluscos

Cultivo del pulpito *Octopus tehueltchus*: Avances en las fases tempranas de desarrollo

Ramiro Braga, Silvina Van der Molen, Nicolás Ortiz



La homeopatía en la reproducción y la inmunología de *Crassostrea virginica*

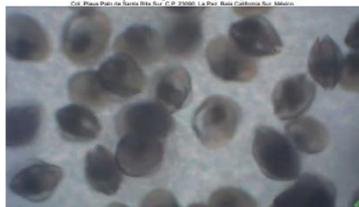
Carlos Samuel Hernández Villasana, Fabiola Guadalupe Arcos Ortega, José Manuel Mazón Suástegui, Jesús Antonio López Carvallo



La homeopatía en la reproducción y la inmunología de *Crassostrea virginica*

Carlos Samuel Hernández-Villasana*, Guadalupe Fabiola Arcos-Ortega*, José Manuel Mazón-Suástegui*, Jesús Antonio López-Carvallo*

*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Calle 1 P.N. No. 195, C.P. 23060 Bahía de Los Angeles B.C.P. México E-mail: Carlos Samuel Hernández-Villasana



Reproducción de *Anadara tuberculosa*

Diego Oswaldo Cumbicos Ortega

| Cultivo de otros organismos acuáticos

Avances en la “agricultura marina” con algas laminarias o quelpos en España

César Peteiro



AVANCES EN LA “AGRICULTURA MARINA” CON ALGAS LAMINARIAS O QUELPOS EN ESPAÑA

Dr. César Peteiro

Centro Oceanográfico de Santander
Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC)
Email: cesar.peteiro.garcia@gmail.com; cesar.peteiro@ceos.es



Rotífero *Brachionus plicatilis* y su composición nutricional al ser alimentado con cuatro dietas comerciales

López-Luero, Edgar Alexis*, Galaviz-Espinosa, Mario*, Jara-Montañes, Rosángel*, Herrera-Gutiérrez, Raúl*, Barreto-Curiel, Fernando*

*Universidad Autónoma del Estado de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, *Escuela de Maestría en Oceanografía Costera
Carretera Ensenada-Tijuana No. 3911, Ensenada, Baja California, México, B.C.
edlopez@uabaja.mx; galaviz@uabaja.mx



Rotífero *Brachionus plicatilis* y su composición nutricional al ser alimentado con cuatro dietas comerciales

Edgar Alexis López Lucero, Mario Galaviz Espinoza, Rosario Jara Montañes, Raúl Herrera Gutiérrez, Fernando Barreto Curiel

Cultivo vegetativo de *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo” en la costa central del Perú

Max Castañeda Franco, Arturo Mires Reyes, Wendy Oyola Salvador, Wilson Berrios Bustamante, Alena Manini Ramírez, Sol Vásquez Grados, Paul Martin Baltazar Guerrero



Cultivo vegetativo de *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo” en la costa central del Perú



Introducción

El desarrollo de una especie de maricultura sostenible...

| Mercado y mercadeo de productos acuícolas

Plataforma virtual para micro, pequeñas y medianas empresas de productores acuícolas del Perú

Marie Anne Gálvez Escudero, Paul Martín Baltazar Guerrero, José Alejandro Cueto Portocarrero



Acuicultura Multitrófica y Sociedad - Argentina

Tomás Chalde, Joel Armengol Pagés



| Biotecnología y bioproductos

Efecto del alga *Ulva ohnoi* en las propiedades del sustrato y en el crecimiento de plantas de tomate en invernadero

Adrián Alejandro Espinosa Antón, Rosalba Mireya Hernández Herrera, Richel Dorta Hernández



Sargassum spp. de arribazón: aprovechamiento de su biomasa y oportunidades de desarrollo para la agricultura local

Adrián Alejandro Espinosa Antón, Rey Jesús León Ferrer, Nelson Javier Ramírez Linares



Efectos histológicos intestinales de la nanoemulsion de *Cymbopogon flexuosus* en peces *Rhamdia quelen*

Cristian Camilo Suarez Barazeta, José Valerio, Isabela Marashin, Samantha N. Godoi, Carla C. Zeppenfeld, Silvio T. da Costa, Aline Ourique, Bernardo Baldisserotto



Acuicultura de erizos de mar para la salud humana

Tamara Rubilar



Isolation of marine bacteria from deep ocean in Safi, Morocco and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities against some farmed fish pathogens

Asmaa Chbel, JuanL. Barja, Manuel Rey-Méndez, Abdelaziz Soukri, Bouchra El khalfi

Evaluación del efecto inhibitorio de la harina de lombriz de tierra *Eisenia foetida*, sobre bacterias Gram positivas y Gram negativas

Regina Ortega, Samuel Sánchez, Lus M. López, José A. Olivas

