

# DIVULGACIÓN ACUÍCOLA

Año 11 No.61 Revista Enero 2024



## Tecnología simbiótica

Invitación a postularse con  
artículos para la revista

# DIVULGACIÓN ACUÍCOLA

En Divulgación Acuícola  
queremos construir una  
comunidad interactiva, por ello  
invitamos a colaborar con  
artículos de su autoría del sector  
Acuícola-Pesquero.

[revistadivulgacionacuicola@gmail.com](mailto:revistadivulgacionacuicola@gmail.com)



# 2024



La acuicultura está en Divulgación

Año 10 Número 61 Enero 2024

**Fabián García V.**

Coordinación Editorial:

**Guillermo Ávila.**

Consejo asesor:

**Dr. Sofía Santos G.**

**Ing. Pesq. Antonio Avila O.**

**MVZ. Yoshio Ivan Macswiney R.**

**Ocean. Martín Bustillos R.**

**MVZ. Ángel García H**

**Biol. Roberto Carlos Domínguez G.**

**Roberto Flores Sánchez**

Diseño y formación:

**Martha García.**

Comercialización:

**Ulises Alcántara**

Tecnología de cómputo

**En T.C. J. Jesús Contreras V.**

#### Divulgación Acuícola

Publicación mensual de Fabián García Rodríguez, responsable de edición y distribución. Fecha de impresión: Enero 2024

[revistadivulgacionacuicola@gmail.com](mailto:revistadivulgacionacuicola@gmail.com)  
Certificado de Reserva de derechos al uso exclusivo núm. 04-2016-050313082200-102 Número de Certificado de Licitud de Título y contenido No. 16487 Domicilio Imprenta: Puente de la Morena No. 63B Oficina 101 Col. Tacubaya Del. Miguel Hidalgo C.P. 11870 México D.F.

Cada artículo es responsabilidad del autor.

**Fotografía de Portada**

David Celdran

## Editorial 2024

Feliz año 2024 les desea el equipo de divulgación acuícola con más de 11 años informando al sector acuícola y pesquero.

Este año es atípico con las elecciones presidenciales y estatales, con tantos cambios y cambios que se realizarán esperando sean favorables para nuestra actividad acuícola y pesquera (que tanta falta le hace), que se encuentra con un sí números de situaciones que afecta al gremio, pero principalmente a la economía de miles familias.

La industria es una de las más jóvenes en nuestro país, la cual se ha desarrollado y crecido gracias a la fuerte relación, confianza y cumplimiento entre los productores, los eslabones de la cadena de valor, las instituciones y dependencias de gobierno relacionadas con el sector.

Esta edición número 61 tenemos temas de interés, donde se sugiere acciones algunas acciones y metas programáticas para el año 2024, con la finalidad y firme intención de retroalimentarlas y enriquecerlas y que no sean meramente buenos deseos, es importante hacer un llamado para lograr la participación de todo el gremio acuícola del país, para que juntos tomemos acciones sobre las temáticas del sector acuícola, debidamente planeadas, organizadas y reales para beneficio de todos los productores acuícolas, siendo incluyentes con los productores pequeños y sociales.

Es por ello que Divulgación Acuícola les hacer abiertamente la invitación a poner su granito de arena y sumarse a la voz de los sin voz y nos compartan su conocimiento experiencia para construir una comunicad interactiva, en beneficio del sector y las nuevas generaciones.

**Hagamos el cambio ;SUMATE ;**

*Fabián García*

# METAS PROGRAMÁTICAS PARA LA ACUICULTURA EN EL 2024

Por. Gilberto Ferrer

## Un breve diagnóstico de la problemática de la acuicultura en el año 2023

**E**n este breve diagnóstico se trata de exponer algunas de las acciones más sobresalientes que se mantuvieron en este año y que de alguna manera beneficiaron o afectaron a la industria acuícola en México; cabe señalar que esta industria es una de las más jóvenes en nuestro país, la cual se ha desarrollado y crecido gracias a la fuerte relación, confianza y cumplimiento entre los productores, los eslabones de la cadena de valor, las instituciones y dependencias de gobierno relacionadas con el sector.

La camaricultura en nuestro país se considera el motor para toda la industria acuícola, tanto por su volumen como por su valor, por tal motivo es importante darle todo su apoyo y protección; desde sus orígenes en la década de los años 80 se ha mantenido un ritmo de crecimiento pasando por distintos vaivenes de problemas de enfermedades del camarón, hasta de las distintas políticas de los gobiernos en turno, en ocasiones vamos con vientos a favor y en otras se mantiene a “pesar de y en contra de”.

Es importante mencionar que no hay ningún sesgo político en los comentarios aquí vertidos, ni se pretende señalar culpables, los casi 40 años de actividad en el sector acuícola nos da la suficiente solvencia moral, pero si es importante señalar las limitantes que no permiten un crecimiento más rápido y solido de nuestra industria, lo que nos mantiene en desventaja comparado con otros países que tienen menores extensiones y recursos naturales, por mencionar algunos de Centro y Suramérica.

A continuación, se exponen algunas de las problemáticas y avances.

1. Los productores camarónicolas del país tuvieron fuerte competencia con las importaciones irregulares e ilegales de camarón, lo que provocó que bajaran las

ventas, así como la caída de precios y ganancias.

2. Los créditos son insuficientes y caros; Además con la desaparición de la FND se complica el panorama en este rubro, como siempre los más afectados son los productores sociales y pequeños acuicultores.
3. Altos costos de producción por el aumento de los insumos para la acuicultura, principalmente en los alimentos balanceados.
4. La producción del camarón mundial sigue aumentando a pesar de la caída en algunos de los principales países de Asia, afectando los precios tanto en el mercado nacional como internacional.
5. La falta de energía eléctrica en la mayor parte de las granjas de camarón en Sinaloa y una parte de Sonora, sobre todo del sector social y pequeños afectan en la tecnificación, producción y competitividad. Motivo por lo cual se mantiene a la fecha un fuerte rezago tecnológico.
6. En este sexenio los programas de gobierno federal tuvieron una fuerte transformación y aunque algunos se trasladaron a otras dependencias no lograron impactar en el crecimiento de la acuicultura en lo general, el sector acuícola se mantiene por las alianzas de origen con los integrantes de las cadenas

- productivas y de valor de la industria acuícola.
7. Si bien son importantes los apoyos de los programas de Bienpesca y otros similares que directamente se otorgan a los productores acuícolas y pesqueros más vulnerables, consideramos que se requieren complementar en paralelo con proyectos productivos y de valor agregado por mencionar algunos con el fin de consolidar la actividad acuícola y pesquera.
8. Las organizaciones gremiales de productores acuícolas de Sinaloa, Sonora, BCS, BC, Nayarit, Colima entre otros se mantuvieron unidas y cohesionadas en las gestiones para defenderse de las importaciones irregulares e ilegales de camarón al país, logrando importantes avances sobre todo en materia legal (amparo), vigilancia y aduanal.
9. En materia legislativa se tuvo importantes avances en el Estado de Sinaloa en el área de seguridad, por la aprobación de leyes que castigan entre otros el robo de camarón.
10. Dentro de los procesos para autorizar el tratado de comercio entre México-Ecuador, se tuvo fuerte apoyo de la Presidencia de la República, CONAPESCA y otras dependencias relacionadas con el tema, así como de los gobiernos estatales principalmente de Sinaloa y Sonora para



Foto: Conapesca



Foto: Conapesca



sacar al camarón de dicho tratado comercial.

11. El Gobierno del Estado de Sinaloa formaliza convenio con FIRA para constituir el Fondo Mutual de Garantía Liquida, para apoyar los créditos a productores del sector primario.

### Algunas propuestas de acciones y metas programáticas para el 2024

A continuación, enumeramos y sugerimos algunas acciones y metas programáticas para el año 2024, con la finalidad y firme intención de retroalimentarlas y enriquecerlas y que no sean meramente buenos deseos, es importante hacer un llamado para lograr la participación de todo el gremio acuícola del país, para que juntos tomemos acciones sobre las temáticas del sector acuícola, debidamente planeadas, organizadas y reales para beneficio de todos los productores acuícolas, siendo incluyentes con los productores pequeños y sociales.

1. Dar seguimiento al amparo sobre las regulaciones y vigilancia a las importaciones de camarón de países de Centro y Suramérica (Ecuador) y otros.
2. Generar y fortalecer la coordinación interinstitucional entre las organizaciones gremiales y las dependencias estatales y federales del ramo con el fin de instrumentar

programas y planes de desarrollo acuícola poniendo énfasis en;

3. Los programas de electrificación y tecnificación de granjas acuícolas.
4. En el marco del fondo mutual de garantía liquida, elaborar un esquema de garantías para gestionar créditos con la banca internacional principalmente con el Corporativo Financiero Internacional (IFC-Banco Mundial) replicando el modelo exitoso realizado en granjas de camarón de Ecuador.
5. Participación y coordinación activa en las reuniones de comités, consejos, etc. donde se planifican y ejecutan los programas de gobierno federal y estatal en materia acuícola.
6. Conjuntamente elaborar los planes de comercialización de camarón y otras especies acuícolas con el fin de crear canales de comercialización para los mercados nacionales e internacionales, explorando diferentes metodologías incluyendo presentaciones y marca colectiva para dichos mercados con la intención de diferenciar la calidad de nuestros productos acuícolas.
7. Tomando en cuenta que las tendencias de los mercados internacionales serán

más exigentes en materia del medio ambiente; buscar y establecer contactos con organizaciones y fondos internacionales que apoyan y promueven los bonos de carbón azul para la conservación, mitigación y mejoramiento de los manglares. Así como buscar las certificaciones internacionales de las granjas acuícolas que son obligadas para la exportación de nuestros productos.

Finalmente consideramos que es importante que de forma conjunta y coordinada tanto los representantes de las organizaciones gremiales, así como de las dependencias de gobierno federal y estatal, de igual forma los representantes de los integrantes de la cadena de valor, constituyan el grupo de

trabajo interinstitucional con la finalidad de promover y elaborar los planes integrales que generen las condiciones donde todos los acuicultores tengan las mismas oportunidades para recibir beneficios y apoyos que impulsen y consoliden a los productores acuícolas del sector social, a los pequeños, medianos y grandes productores.

Entendemos que son muchas más las necesidades y requerimientos de nuestro sector acuícola, pero con las mejores intenciones aquí les dejo mis modestas aportaciones, reiterándoles mis mejores deseos de un próspero y exitoso nuevo año 2024 y un fuerte abrazo para tod@s.



Fuerte rezago tecnológico, cárcamo de bombeo operando con combustible Diesel

Foto: Gilberto Ferrer

Pie de foto: La falta de programas y apoyos para el desarrollo tecnológico en las granjas del sector social y pequeños reflejan un fuerte y evidente rezago en esta materia. Urge programa de electrificación.



Foto: Conapesca



# La mojarra tahuina (*Amphilophus trimaculatus*): Especie con potencial acuícola del sureste mexicano

En México existe una gran diversidad de peces que habitan ambientes dulceacuícolas y estuarinos. El sureste mexicano es una región privilegiada en cuanto a riqueza y abundancia de especies que pertenecen a la ictiofauna nativa, de las cuales la familia Cichlidae se encuentre entre las más representativas (Contreras-MacBeath et al., 2014; Lyons et al., 2020). En este sentido, algunas de las especies de esta familia presentan características que les confiere potencial de cultivo. Sin embargo, el desconocimiento de

la biología, condiciones de cultivo y la rentabilidad económica, causa que la mayoría de las especies cultivadas en ambientes dulceacuícolas sean exóticas (Navarrete Salgado et al., 2000; Ornelas-Luna, et al., 2017).

Desde esta perspectiva, existe la necesidad de profundizar en los aspectos básicos de la biología de las especies nativas con potencial acuícola, para poder desarrollar sus cultivos. Actualmente, se han encaminado esfuerzos para la mejora de herramientas biotecnológicas que permitan llevar a cabo cultivos de nativas,

como son la mojarra tenguayaca (*Petenia splendida*) y castarrica (*Mayaheros urophthalmus*), especies producidas en el Estado de Tabasco, las cuales son una alternativa en la diversificación de la industria acuícola en nuestro país (Álvarez-González et al., 2013).

En Chiapas se desarrolla el cultivo de cíclidos nativos, como es la mojarra tahuina *Amphilophus trimaculatus* (Řičan et al., 2016). Algunos autores la describen como una especie dulceacuícola secundaria de hábitos omnívoros, mientras

que otros reportan que presenta tolerancia a la salinidad y hábitos carnívoros en algunos meses del año (Violante, 1995a, 2008b; Miller et al., 2009). La distribución en el Estado se encuentra en las cuencas hidrológicas de la costa de Chiapas y la del Grijalva-Usumacinta (Soria-Barreto et al., 2011; Gómez-Martínez et al., 2022). Habita preferentemente en zonas de plantas acuáticas y en sustratos limosos, lodosos y detritus (Miller et al., 2009). Los sistemas acuáticos (ríos, lagunas y esteros) son aguas de flujo lento y mantiene un rango de temperatura entre 21 a 30°C (Ortiz-Cruz, 2011).

La demanda y consumo de esta especie por poblaciones locales, le confiere importancia comercial y precios destacados. Además, sus características de adaptación al cautiverio y condiciones de resistencia al manejo, favorecen el potencial acuícola. Desde esta perspectiva, se han

Por: Andrea Hilerio-Ruiz<sup>1</sup>, Fco. Javier Toledo-Solís<sup>2</sup>, Emilio I. Romero-Berny<sup>2</sup>, Jesús M. López-Vila<sup>2</sup>, Rafael Martínez-García<sup>1</sup>, Carlos Alfonso Álvarez-González<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5, C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Costeras, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Calle Juan José Calzada s/n Col. Evolución, C.P. 30500. Tonalá, Chiapas, México.

\*E-mail: [alvarez\\_alfonso@hotmail.com](mailto:alvarez_alfonso@hotmail.com)



Foto: Alfonso Álvarez

realizado avances en el cultivo de esta especie, lográndose su reproducción en cautiverio.

Por otro lado, en el ámbito de la investigación acuícola se tienen estudios que abordan cuestiones relacionadas con su fisiología digestiva, donde se analizaron enzimas digestivas durante el cultivo de larvas de *A. trimaculatus* mediante técnicas bioquímicas y electroforéticas (Toledo-Solís et al., 2015). También, se tiene avances en la determinación de sus requerimientos nutricionales de proteínas y lípidos en la etapa larvaria, en donde obtuvo el mejor crecimiento en peces con dietas que contenían un 45% de proteína y 22% de lípido (Toledo-Solís et al., 2019). Además, se evaluó la digestibilidad in vitro de ingredientes proteicos y lipídicos que podrían ser implementados para la fabricación de piensos, mediante la técnica pH-stat utilizando extractos multienzimáticos de juveniles de *A. trimaculatus*. Los resultados del estudio reportan afinidad por materias primas de origen animal como harina de res, harina de pescado y harina de pollo. En los ingredientes lipídicos el mejor ingrediente que podría utilizarse es el aceite de pescado; los autores recomendaron que es necesario complementar este estudio in vitro con el análisis de digestibilidad in vivo, con la finalidad de determinar

los porcentajes de inclusión de estos ingredientes alternativos y así desarrollar una formulación de alimento específica para en el cultivo de la especie (Toledo-Solís et al., 2020).

Una de las investigaciones más recientes de la especie en cuestión, reportó por primera vez un transcriptoma base a partir de seis estadios de desarrollo durante su ontogenia inicial, mediante la integración de tecnologías de secuenciación de alto rendimiento (plataforma illumina), estos recursos transcriptómicos permitieron la identificación de marcadores moleculares involucrados en procesos de nutrición y desarrollo; lo cual, aporta información metabólica y fisiológica sobre la especie para ser utilizada en la mejora de su cultivo, producción y como modelo biológico en futuras investigaciones (Hilerio-Ruiz et al., 2021).

Si bien existe un avance importante en la generación de conocimiento de la biología de la especie, se trabaja en los vacíos de información que requieren ser atendidos para potenciar el cultivo de la mojarra tahuina. Esto permitiría seguir aportando en la incorporación de especies nativas en la industria acuícola. Lo cual sería una fuente importante de abastecimiento proteínico, medios



Foto: Chus López

*Amphilophus trimaculatus*

de vida y garantizaría la seguridad alimentaria de las comunidades locales del sureste del país.

#### Referencias

Álvarez-González, C.A., Ramírez-Martínez, C., Martínez-García, R. y Márquez-Couturier, G. (2013). Cultivo de mojarra nativas: Tenguayaca (*Petenia splendida*) y castrarica (*Cichlasoma urophthalmus*). UANL-UJAT-Fomix. CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco, México.

Contreras-MacBeath, T., Brito Rodríguez, M., Sorani, V., Goldspink, C. & McGregor Reid, G. (2014). Richness and endemism of the freshwater fishes of Mexico. *Journal of Threatened Taxa* 6(2): 5421–5433; <http://dx.doi.org/10.11609/JoTT.o3633.5421-33>

Hilerio-Ruiz, A., Toledo-Solís, F.J., Peña, E., Martínez-Burguete, T., Llera-Herrera, R., Álvarez-González, C.A. & Saenz de Rodríguez, M. (2021). Nutrigenomic markers identified by de novo RNAseq during the early ontogeny of the three spot cichlid *Amphilophus trimaculatus*. *Aquaculture* 530:735654 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735654>

Lyons, T.J., Máiz-Tomé, L., Tognelli, M., Daniels, A., Meredith, C., Bullock, R. and Harrison, I. (eds.), Contreras-MacBeath, T., Hendrickson, D.A., Arroyave, J., Mercado Silva, N., Köck, M., Domínguez Domínguez, O., Valdés González, A., Espinosa Pérez, H., Gómez Balandra, M.A., Matamoros, W., Schmitter-Soto, J.J., Soto-Galera, E., Rivas González, J.M., Vega-Cendejas, M.E., Ornelas-García, C.P., Norris, S. & Mejía Guerrero, H.O. (2020). The status and distribution of freshwater fishes in Mexico. Cambridge, UK and Albuquerque, New Mexico, USA: IUCN and ABQ BioPark.

Gómez-Martínez RF, López-Vila JM, Matamoros WA, González-Díaz, A.A. & Gómez-González, A.E. (2022). Diversity of Cichlid Fishes (Cichliformes: Cichlidae) in Chiapas, Mexico: A practical identification key with updated distribution maps.

Zootaxa. 16;5175(2):231-252. doi: 10.11646/zootaxa.5175.2.3. PMID: 36095368.

Miller, R. R., Minckley, W. L. y Norris, S. M. (2009). Peces dulceacuicolas de México. Mexico City: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ El Colegio de la Frontera Sur/ Sociedad Ictiológica Mexicana/ Desert Fishes Council.

Navarrete Salgado, N. A., Fernández, G. E., Contreras Rivero, G. y Rojas Buřtamante, M. (2000). Policultivo de carpas y tilapia en bordos rurales del Estado de México. *Hidrobiológica*, 10(1), 35-40.

Nelson, J. S., Grande, T. C. & Wilson M.V.H. (2016). *Fishes of the World*, Fifth Edition. Ed. Wiley. Hoboken, New Jersey. 752 p. ISBN 9781118342336.

Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J. Á. y Godínez-Siordia, D. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19-25. doi: 10.15174/au.2017.1231

Ortiz Cruz, V.M. (2011). Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867) de la subcuenca río Atoyac-paso de la reina de la cuenca río Atoyac, Oaxaca. Centro interdisciplinario de investigación. IPN. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Řičan, O., Piálek, L., Dragová, K. & Novák, J. (2016). Diversity and evolution of the Middle American cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) with revised classification. Department of Zoology, Faculty of Science, University of South Bohemia. *Vertebrate zoology*. ISSN 1864-5755.

Soria-Barreto, M., Rodiles-Hernández, R. y González-Díaz, A. (2011). Morfometría de las especies de Vieja (Cichlidae) en ríos de la cuenca del Usumacinta, Chiapas, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 82(2): 569-579. ISSN 2007-8706.

Toledo-Solís, F.J., Uscanga-Martínez, A., Guerrero-Zárate, R., Márquez-Couturier, G., Martínez-García, R., Camarillo-Coop, S., Perales-García, N., Rodríguez-Valencia, W., Gómez-Gómez, M.A., Álvarez-González, C.A. (2015). Changes on digestive enzymes during initial ontogeny in the three-spot cichlid *Cichlasoma trimaculatum*. *Fish Physiology Biochemistry* 41:267–279. <https://doi.org/10.1007/s10695-014-0023-8>

Toledo-Solís, F. J., Martínez-García, R., Galaviz, M. A., Hilerio-Ruiz, A. G., Álvarez-González, C. A. & de Rodríguez, M. S. (2019). Protein and lipid requirements of three-spot cichlid *Cichlasoma trimaculatum* larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*. doi:10.1007/s10695-019-00692-9

Toledo-Solís, F. J., Martínez-García, R., Díaz, M., Peña Marín, E. S., Di Yorio, M. P., Vissio, P. G., Saenz de Rodríguez, M. (2020). Potential bioavailability of protein and lipids in feed ingredients for the three-spot cichlid *Amphilophus trimaculatus*: An in vitro assessment. *Aquaculture Research*. doi:10.1111/are.14630

Torres-Orozco, R.E. y Pérez-Hernández, M.A. (2009). Riqueza y regionalización de los peces de México. *Revista Ciencia-Academia mexicana de ciencia*. México, 60(3): 44-53 p. ISSN 1405-6550.

Violante G. J. (1995). Contribución al conocimiento de la biología de la mojarra nativa *Cichlasoma trimaculatum* (Gunter, 1868), en la laguna de Tres Palos Guerrero, México, y determinación del desarrollo larvario y requerimientos proteicos en condiciones de laboratorio. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima, México. 66 pp.

Violante González, J., Aguirre Macedo, M.L. y Rojas Herrera, A. (2008). Comunidad de parásitos metazoarios de la charra *Cichlasoma trimaculatum* en la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 405-412



Foto: Alfonso Álvarez



Foto: Alfonso Álvarez

# WORLD SEAFOOD INDUSTRY

15 al 17 de mayo | Expo Guadalajara Jalisco 2024

Exposición internacional de Pesca y Acuicultura en México.

Visita el sitio web



ITALIAN EXHIBITION GROUP  
Providing the future

Deutsche Messe

## CATEGORÍAS DE PISO DE EXPOSICIÓN



Equipos de acuicultura y pesca



Tecnología e innovación



Transformación y procesamiento



Inocuidad



Servicios especializados

El pabellón internacional de pesca y acuicultura en México, una exposición diseñada para satisfacer las necesidades específicas de la región.

Contacto de ventas  
infoagrotechws@igeco.mx  
hfmexico.mx/worldseafood/

A hand in the upper left corner holds a spoon filled with a brown, granular substance, likely fish feed. The background shows a large aquaculture pond with several blue aerators in the water. The sky is blue with some clouds, and there are green hills in the distance.

# Últimos avances en tecnología simbiótica

Por : Dr. Manuel David Celdran

**L**a acuicultura es una de las actividades pecuarias más rentables en el mundo; la cual se encuentra en constante crecimiento y desarrollo. Se menciona que en el año 2020 se alcanzó un récord de 122.6 millones de toneladas, con un valor total de 281.500 millones de dólares. Esta actividad ha tenido gran interés ya que tiene la posibilidad de generar empleos y alimentos de alta calidad nutricional. El interés alimentario de animales acuáticos por parte de la población humana se encuentra en constante incremento, con una proyección de consumo per cápita de 21,4 Kg en 2030. (FAO, 2022).

Si bien es un sector con un altísimo crecimiento a nivel mundial, en los últimos años se ha enfrentado a diversos retos.

## Retos actuales de la acuicultura moderna

La contaminación y disminución de los recursos hídricos han sido importantes factores limitantes ante la creciente demanda de recursos acuáticos provenientes de esta actividad. Por lo cual se han implementado diversas técnicas productivas, las cuales permiten cultivar más animales en menor área, con mínimo gasto de agua. Además, muchas de las nuevas tecnologías acuícolas son más amigables con el ambiente, sin dejar de ser rentables, entre ellas se pueden encontrar los sistemas de recirculación acuícola, el biofloc, IPRS, entre otras. Sin embargo, ni siquiera estas tecnologías consiguen paliar los grandes retos a los que nos enfrentamos desde hace años tal como el uso constante de antibióticos de amplio espectro, el

uso de harina de pescado en la dieta, o el alto impacto al medio ambiente entre otras.

## Respuesta ante los retos acuícolas: Tecnología simbiótica BAF

A partir de estas necesidades surge la tecnología simbiótica Bioaquafloc (BAF) como una nueva herramienta, de enfoque global, holístico que se basa principalmente en crear un ambiente acuático estable controlado por probióticos, tanto a nivel de microbioma del estanque como de microflora en el intestino del animal. Mediante el uso de fermentos orgánicos que vertemos al agua y con los que hacemos alimentos predigeridos estos microorganismos ejercen una acción beneficiosa directa o indirecta sobre la salud de los animales y calidad del agua del

cultivo. Entre ellos se encuentran bacterias, protozoos, levaduras y plancton. que entablará una relación simbiótica con camarones y peces y servirán también como alimento de alta calidad. Las batilizan pueden ejercer un efecto biorremediador. Esto se puede observar en el caso de las bacterias nitrificantes, las cuales eliminan amonio. Otros organismos de interés son las bacterias heterótrofas, los protozoos y los hongos, con capacidad de eliminar materia orgánica tal como heces y alimento no ingerido. Con la tecnología simbiótica se implementan fermentos ricos en bacterias con efecto probiótico, quienes aportan diversos beneficios en el tracto digestivo de organismos acuícolas y en su supervivencia. Por último, el plancton que generamos en gran cantidad en el agua de cultivo ayuda a la biorremediación y sirve de alimento altamente nutritivo en la acuicultura.

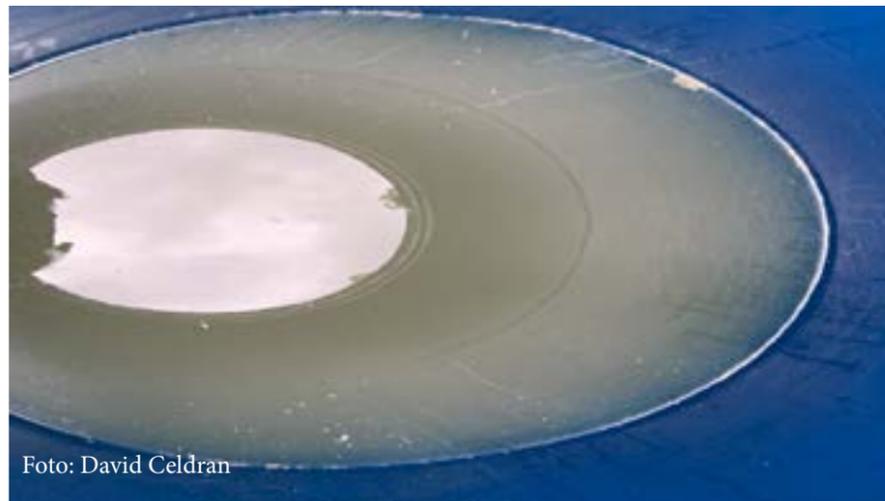


Foto: David Celdran

### Últimos avances de la tecnología simbiótica BAF

Los diversos retos y el constante crecimiento de la acuicultura ha generado un desarrollo directo en la tecnología simbiótica Bioaquafloc, la cual se encuentra en constante mejora para adaptarse a las nuevas condiciones, por lo tanto se ha invertido tiempo en investigación que ha permitido lograr nuevos avances, estos se mencionan a continuación.

Uno de los últimos avances que se está presentando es la tecnología simbiótica de baja carga, la cual se enfoca en la implementación de fermentos, ricos en microorganismos con una carga mínima de materias primas en su elaboración tales como salvados de cereal y melaza. La disminución de estas cargas en los fermentos tradicionales siguen permitiendo un gran aporte de bacterias y levaduras con acción probiótica pero con un mayor control de los sólidos en el agua y un aporte más bajo de carbono orgánico al medio. Entre los beneficios generales de los fermentos destaca que las bacterias que contienen, son expertas en la degradación de materia orgánica. También en la prevención de enfermedades mediante la disminución de agentes patógenos por

competencia directa o indirecta, lo que desemboca en mejoras de las variables productivas de interés como crecimiento y supervivencia.

Otro nuevo desarrollo que el grupo BAF está implementando es la técnica del “agua madre” en granjas. Esta consiste en mantener un reservorio de agua, libre de animales de producción y con constante aporte de fermentos, la cual se madura de manera constante durante meses. Dicha agua es usada para llenar los estanques de cultivo previos a su siembra. También se usa para realizar reposiciones de agua en los estanques, fruto de pérdidas por evaporación o en eventualidades. Del estanque con agua madre no se extrae más del 80% de su volumen de manera que cuando se rellena de nuevo el agua vuelve a estar madura a las pocas horas. Si bien, se requiere un estanque como espacio adicional para su implementación, esta técnica ha permitido minimizar el riesgo de ingreso de agentes patógenos y ahorrar meses en maduración.

Otra de las nuevas técnicas que han surgido es el fermento contra microalgas. Este es elaborado con tierra de diatomeas, melaza y levadura, es una técnica innovadora, la cual se ha venido implementando en los últimos tiempos, ayudando de manera

rápida a controlar estanques con bloom de microalgas. Asimismo incentiva la generación de bacterias heterótrofas a consumir compuestos nitrogenados tóxicos y ayudando a reducir el pH cuando es bastante elevado. Este proceso se recomienda implementar de manera ocasional, únicamente cuando los estanques presentan este tipo de problemas.

Una de las últimas técnicas que estamos usando es la generación del “fermento madre”. Este se desarrolló a partir de la búsqueda de un uso alternativo a la generación de un constante subproducto, que es el residuo de los cereales que se depositan en el fondo de los recipientes de fermentación. Esta técnica consiste en agregar una pequeña parte de microorganismos y otros insumos junto con este sobrante más un volumen de agua preclorada y volver a fermentar

para aplicar nuevamente a los estanques. Con esta metodología reutilizamos un residuo muy nutritivo y además generamos un suero de fermento altamente valioso.

Para conocer los protocolos de estas y otras novedosas a mayor profundidad les invitamos a que se inscriban en nuestros cursos y visiten nuestra web: ([www.bioaquafloc.com](http://www.bioaquafloc.com)), Instagram: [@acuicultura\\_baf](https://www.instagram.com/acuicultura_baf). Facebook: Acuicultura simbiótica BAF y nuestro canal en YouTube: Bioaquafloc.

Este artículo ha sido elaborado con la colaboración del Ing. Juan Manuel Cuayal Lagos.

#### Referencias

FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

### Semblanza Dr. Manuel David Celdran

Doctor en Ecología Marina, Máster en acuicultura y Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Murcia. Colaborador de investigación en laboratorios en Francia, Corea del Sur, Australia y México. Fue investigador nacional SNI1 en México. Consultor de Conservation International Foundation en Costa Rica y Asesor internacional de empresas productivas en tecnologías acuícolas simbióticas. Revisor de la Revista Ingenieros CITT. Tutor académico de tesis de doctorado en tecnologías simbióticas. Fundador y gerente de la web de acuicultura simbiótica [www.bioaquafloc.com](http://www.bioaquafloc.com)



Foto: David Celdran

Foto: David Celdran



# Sistemas biofloc para crecimiento de langostinos de agua dulce

El sistema de biofloc es una tecnología que sirve para incrementar la producción por unidad de área en los sistemas acuícolas, al generar alimento de alta calidad y proteína aprovechable al mismo tiempo que los desechos del sistema son transformados de tóxicos a materia aprovechable. Otra de las ventajas de los sistemas biofloc son el nulo o bajo recambio de agua, ya que al estar dentro del mismo sistema tratando el agua, esta no necesita ser descargada o cambiada, reduciendo el impacto al medio ambiente por el uso del agua o descargas con desechos.

El componente de alimento vivo y reutilizado del sistema biofloc, provee a las especies objetivo de nutrientes complementarios y ayuda a mejorar las tasas de alimentación. Esto permite intensificar los cultivos ya que el alimento que se encuentra disponible las 24 horas del día, lo que llega a reducir sustancialmente los gastos por alimentación, y al mismo tiempo mejorar la calidad de agua por medio de la constante biotransformación de los desechos manteniendo bajos los niveles de compuestos tóxicos y alta la biomasa utilizable.

Estos sistemas de cultivo, al proveer alimento particulado rico en proteína, son una opción viable para el mantenimiento y producción de organismos que tengan preferencias de consumo hacia tamaños de partículas específicos y los componentes que los integran, como son los crustáceos, en el caso del presente estudio los camarones de río o langostinos.

Algunos tipos de langostinos o camarones de río (*Macrobrachium* spp) tienen un alto valor económico debido a su sabor, alto contenido



Foto: Erika Torres

de proteína y atractivo visual, siendo un producto bien cotizado como alimento para consumo humano (Kent, 1995). En México se cuenta con cuatro especies que tienen importancia comercial por su tamaño y abundancia natural como son *M. carcinus* y *M. acanthurus* en la vertiente del Océano Atlántico, y en la del Océano Pacífico se encuentran *M. tenellum* y *M. americanum* (Mago-Leccia, 1996).

Los langostinos son organismos que tienen un papel ecológico importante en su área de distribución y en los sistemas acuáticos, pasando de lagos y lagunas a arroyos y ríos, hasta

los esteros y zonas costeras. En estos ambientes ellos participan activamente en la recirculación de energía y/o cadenas de alimentación ya que aprovechan y remueven biomasa en general como: vegetación, otros crustáceos, desechos animales y peces, incorporándolos a su cuerpo, el cual que puede a su vez ser aprovechado por otros crustáceos, peces, aves, reptiles y mamíferos. Dentro de su alimentación participa activamente en el proceso de forrajeo y consumo de partículas de detritos, materia orgánica, fitoplancton y zooplancton; dichos componentes son los que integran la unidad básica del biofloc.

Por lo anterior, se debe suponer que el uso de sistemas biofloc para el cultivo de langostinos es una alternativa altamente viable, donde el aprovechamiento de nutrientes por el sistema biofloc, la generación de proteína de alta calidad y su uso como alimento constante de forma sustentable, brindará buenos resultados en el crecimiento de los organismos, repercutiendo en un aprovechamiento más sustentable siendo una opción para su cultivo disminuyendo la presión de pesca a las poblaciones naturales.

Se están llevando a cabo estudios específicos sobre estos cultivos, como por ejemplo en sistemas controlados de recirculación de biofloc en tinas de 100 L donde se ha evaluado la supervivencia

y crecimiento por 50 días de juveniles de langostinos (*M. tenellum*;  $0.3 \pm 0.5$  g; 1 org/L) en un sistema biofloc enriquecido con azúcar y con una densidad de 20 mL/L de sólidos sedimentables. En este sistema se buscó saber para esta etapa que tanto contribuía en la alimentación el sistema biofloc. Para ello se les ofreció 0, 25, 50, 75 y 100% del nivel de alimentación utilizado normalmente y se determinó su crecimiento en peso y talla, así como su supervivencia.

Los resultados han mostrado que la supervivencia de los langostinos fue de 66% sin diferencias entre niveles de alimentación, observándose la baja supervivencia por las temperaturas de cultivo que estuvieron cercanas a 25 °C, no como las óptimas que mencionan Espinosa-Chaurand et al. (2011) y Peraza-Gómez et al. (2022),



Foto: Erika Torres

Foto: Erika Torres

que debe estar cercana a los 28 °C. Los mejores crecimientos estuvieron en los niveles inferiores de alimentación de 0 y 25 % con 0.6±0.2 g, resultados similares a los reportados en otras investigaciones en sistema de aguas verdes a estas temperaturas (Vega-Villasante et al., 2011).

Estos resultados podrían estar indicando que la preferencia natural de consumo de alimento de los langostinos de esta especie es factor determinante para el consumo de biofloc, así como que es posible tener excelentes resultados en supervivencia y crecimiento en sistemas biofloc, con el implícito beneficio del ahorro de alimentos formulados y el gasto del agua, que comúnmente es un factor determinante en la viabilidad de los proyectos acuícolas. Así que se debe considerar que la implementación de sistemas sustentables y ecológicamente responsables con el uso y manejo del agua pueden ser factibles económicamente para los productores acuícolas.

El uso de sistemas biofloc ayudarán a disminuir la presión sobre el uso excesivo de agua de los sistemas acuícolas, al permitir solamente el uso del agua al inicio y después por reposición de la evaporación en el sistema, el menor uso de antibióticos y el bajo o nula descarga de aguas eutrofizadas. De igual manera, este tipo de sistemas ayudarán al cultivo de ciclos parciales o totales de especies afines a la alimentación por partículas vivas o de materia orgánica, lo cual reduce la presión de la sobrepesca de especies que han visto afectadas sus poblaciones naturales, sin reducir el beneficio económico de las comunidades que los aprovechan, y hasta en ciertos casos poder repoblar para incrementar los recursos y

el círculo de aprovechamiento natural en las áreas de distribución aplicando los conceptos básico de la acuicultura de conservación.

Con la integración y planeación a través del conocimiento: de las poblaciones naturales de los langostinos, los tipos de sistemas de producción sustentables, la bioeconomía de las comunidades se podrían alcanzar la metas de conservación y aprovechamiento sobre los langostinos y el agua en México con acuicultura de conservación, por medio de la participación de las comunidades, divulgadores, investigadores, técnicos, productos y comercializadores de estos recursos lo cual, promoverá el aumento del sector y su impacto positivo al ambiente y economía.

#### Referencias:

1. Avnimelech, Y. (2009). *Biofloc technology: a practical guide book*. World Aquaculture Society.
2. Avnimelech, Y., & Kochba, M. (2009). Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in



Foto: Erika Torres

bio floc tanks, using 15N acing. *Aquaculture*, 287(1-2), 163-168.

3. Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis ticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29-35.
4. Baloi, M., Arantes, R., Schweitzer, R., Magnotti, C., & Vinatea, L. (2013). Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquacultural Engineering*, 52, 39-44.
5. Kent, G. (1995, April). Aquaculture and food security. In *Proceedings of the PACON Conference on Sustainable Aquaculture* (Vol. 95, pp. 11-14).
6. Liu, L., Hu, Z., Dai, X., & Avnimelech, Y. (2014). Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and

formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. *Aquaculture*, 418, 79-86.

7. Mago-Leccia, F. (1995). El cultivo del camarón de río *Macrobrachium carcinus*, un potencial desestimado en Venezuela. *FONAIAP Divulga* (Venezuela), 50, 25-28.
8. March, J. G., Pringle, C. M., Townsend, M. J., & Wilson, A. I. (2002). Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biology*, 47(3), 377-390.
9. Murphy, N. P., & Austin, C. M. (2005). Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): biogeography, taxonomy
10. Vega-Villasante, F., Martínez-López, E. A., Espinosa-Chaurand, L. D., Cortés-Lara, M. C., & Nolasco-Soria, H. (2011). Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 581-588.
11. Zhao, P., Huang, J., Wang, X. H., Song, X. L., Yang, C. H., Zhang, X. G., & Wang, G. C. (2012). The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus* *ponicus*. *Aquaculture*, 354, 97-106.
12. Espinosa-Chaurand, L.

and the convergent evolution of abbreviated larval development. *Zoologica Scripta*, 34(2), 187-197.

13. Kuehne, V. (2018). Contribución del biofloc inoculado con diferentes probióticos sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* Var SPRING). Mexico: CiCESE.
14. Peraza-Gómez, V., Hernández-Sandoval, P., Luna-Valdez, J. G., Pérez-Quñonez, C. I., & García-Guerrero, M. (2022). Bioenergética del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en función de la salinidad del agua. *Tropical and Subtropical*



Foto: Erika Torres



# Los microplásticos en la acuicultura

Dalia G. Mendoza-López<sup>1</sup>, María del Refugio Castañeda-Chávez<sup>1</sup>, Fabiola Lango-Reynoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba. Veracruz, México. C.P. 94290.

A pesar de que el uso de los plásticos es relativamente reciente en la historia de la humanidad, su exitosa inclusión en prácticamente todas nuestras actividades ha llevado a su producción masiva (Fig. 1), sin embargo, su deficiente manejo como un residuo han provocado un problema que en el último par de décadas ha cobrado mucha relevancia e interés por parte de la comunidad científica, gobiernos y la sociedad en general.

Los plásticos tras su exposición a condiciones propias de la naturaleza: luz solar, arrastre por el viento, movimiento en las corrientes de cuerpos de agua, son degradados, se vuelven frágiles y empiezan a fragmentarse, a los pequeños pedazos de plástico que miden menos de 5 mm, de acuerdo con la FAO, se les ha llamado microplásticos (2).

Tristemente, numerosos trabajos científicos han demostrado que los microplásticos están presentes en todos ambientes naturales: en el suelo, agua, en

el aire y hasta en las regiones más alejadas y con muy poca actividad humana como la Antártida (3). Pero algo más alarmante es el hecho de que plantas y animales los contengan dentro de sus organismos. De manera general, los microplásticos generados por las diversas actividades humanas, pueden ser transportados por el viento, llevados a zonas más lejanas, caer al suelo, arrastrados por la lluvia entrando así a los cuerpos de agua como ríos, presas, lagunas, estuarios donde se realiza el cultivo de muchos productos acuícolas (4) (5).

Y es que además de las concentraciones de microplásticos que ya se encuentran en los cuerpos de agua que aportan el agua para los estanques de granjas acuícolas, no se debe de olvidar que dentro de ellas gran parte de los equipos y herramientas están hechos de plástico: jaulas, tinas, estanques, redes, tubería, algunos contenedores de agua, malla sombras, botas, guantes, instrumentos para limpieza, costales de los alimentos balanceados, etc.

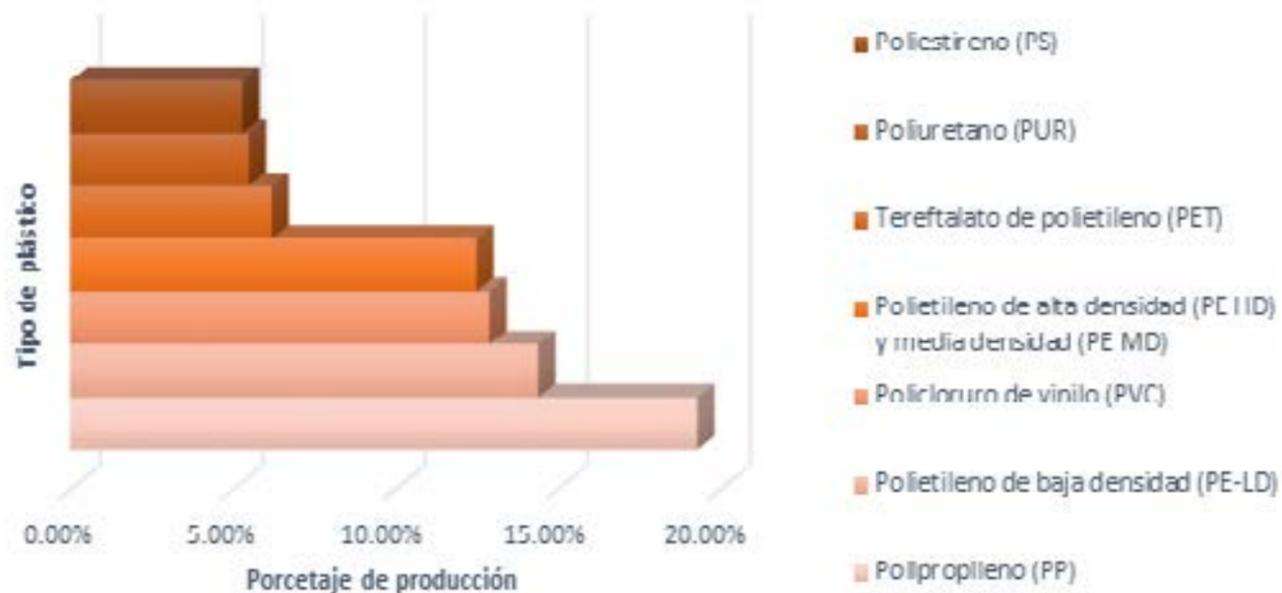


Figura 1. Principales tipos de plásticos producidos en la actualidad (1).

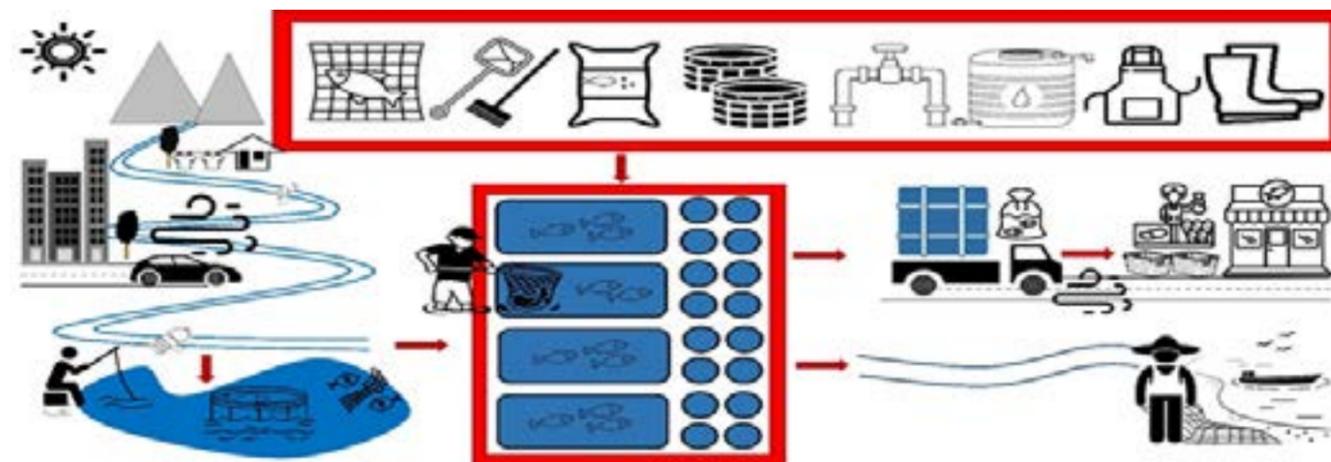


Figura 2. Ingreso, participación y salida de plásticos y microplásticos granjas y cultivos acuícolas.

(Fig. 2), todos tienen una vida útil, y su exposición a la luz solar y los movimientos derivados su uso hace que su desgaste también contribuya a la generación de más fragmentos.

Si lo anterior mencionado no fuera suficiente, se debe considerar que algunas harinas de pescado utilizadas como alimento, están hechas con organismos de regiones pelágicas, zonas en donde se da una mayor acumulación de microplásticos y por lo tanto mayor ingesta, lo que puede representar una fuente de ingreso directa de microplásticos a los estanques de cultivo (6), se han encontrado microplásticos como poliamida, poliéster, polietileno, polipropileno y poliestireno tanto harinas de pescado, como en harinas de soya (7).

Así, la acuicultura no escapa a esta problemática y en la última década las investigaciones sobre la presencia y efecto que tienen los microplásticos en diferentes especies han ido en aumento. Trabajos de investigación científica demuestran que los microplásticos se encuentran en especies de crustáceos, bivalvos y peces de importancia comercial a nivel mundial.

Se han realizado investigaciones en laboratorio para conocer los efectos y daños que los microplásticos en diferentes organismos, ya que además de causar daño directamente, la presencia de estos contaminantes, puede aumentar el daño de otros contaminantes presentes en el ambiente acuático y hacer que se acumulen más fácilmente (8).

En peces, los experimentos realizados con tilapias han demostrado que se pueden encontrar en su sangre, branquias, gónadas, intestinos, riñón, estómago y músculo, y la presencia en este último tejido último, puede ser un riesgo potencial a la salud humana (9–11). Además de que si la exposición se

realiza a etapas tempranas del desarrollo de los peces puede causar daño oxidativo y su ADN, disminuye el crecimiento y se pueden incrementar bacterias patógenas en intestino (12) lo cual puede traducirse en pérdidas económicas para los productores.

En moluscos como los ostiones, las concentraciones del medio natural parecen no tener un efecto relevante en cuanto a daño (13) sin embargo, estas concentraciones pueden tener variaciones estacionales (14), estudios de laboratorio muestran que concentraciones mayores pueden alterar su reproducción y desarrollo larvario (15). Aunque los microplásticos se encuentran principalmente en sistema digestivo (14) se debe tomar en cuenta que se consume completo, con todos sus órganos lo que aumenta el riesgo para el consumidor final.

Y los crustáceos tampoco están exentos de este problema, ya que en camarones de granjas se han detectado estos microplásticos en branquias, tracto digestivo y exoesqueleto de camarones (16), así como en tracto digestivo de langostinos (17).

Aunque existen estudios contradictorios acerca de los efectos que la ingesta y presencia de microplásticos puede tener en los organismos acuáticos, los resultados indican que la calidad y cantidad de las producciones acuícolas podrían verse afectadas debido a la presencia de microplásticos (5,18,19).

Además del daño ocasionado por la ingesta, los microplásticos funcionan como vectores para patógenos y para otros contaminantes como compuestos orgánicos persistentes y metales, facilitando su ingestión por los organismos acuáticos y escalar en la cadena trófica (8,16,20).

Hace falta más información sobre los efectos que la ingesta de animales derivados de la acuicultura

expuestos a microplásticos pueden tener en la salud humana. Algunos autores mencionan que los microplásticos son acumulados y almacenados únicamente en el tracto digestivo de los organismos (21) por lo que solo el consumo excesivo de alguna especie como los moluscos, peces pequeños y algunos crustáceos, podrían considerarse como una fuente considerable de microplásticos para los humanos (2). No se consideran medidas aun por parte del *Codex Alimentarius*, para controlar su ingesta, no hay normas ni códigos que contemplen valores de referencia o medidas de precaución en cuanto al manejo de pescados y productos pesqueros (22).

Las acciones globales para atacar el problema, se basan en implementar una economía circular, y con ello reducir al mínimo la producción de residuos plásticos, su reciclaje y reutilización (23), en cuanto a microplásticos algunos países norteamericanos y europeos, están dando los primeros pasos para la regulación dentro de sus territorios. En México, aun no existen normas para los límites permisibles de microplásticos en agua (29).

Es importante que los sectores gubernamentales, académicos y productivos colaboren para poder hacer frente a este creciente problema, realizar más estudios para detectar concentraciones en el agua, tanto de la que ingresa a los estanques y como se desecha, analizar los organismos cultivados para conocer si hay microplásticos presentes en ellos y de ser así, saber en qué concentraciones se encuentran, y como siempre, respetar el uso de las buenas prácticas y de ser necesario realizar ajustes en ellas, para así para poder garantizar la inocuidad de las producciones.

#### Bibliografía

1. Plastics Europe. Plastics - the Facts 2022 • Plastics Europe [Internet]. Plastics Europe. 2022 [citado el 13 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>
2. COFI. Los microplásticos en la pesca y la acuicultura: resumen de un estudio de la FAO [Internet]. Roma, Italia: FAO; 2018. (Comité de Pesca. 33 ° periodo de sesiones). Report No.: 31. Disponible en: <https://www.fao.org/3/MX330ES/mx330es.pdf>
3. Waller CL, Griffiths HJ, Waluda CM, Thorpe SE, Loaiza I, Moreno B, et al. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of The Total Environment*. el 15 de noviembre de 2017;598:220–7.

4. Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. el 1 de agosto de 2011;62(8):1596–605.
5. Li Y, Chen G, Xu K, Huang K, Wang J. Microplastics Environmental Effect and Risk Assessment on the Aquaculture Systems from South China. *IJERPH*. el 15 de febrero de 2021;18(4):1869.
6. Mahamud AGMSU, Anu MS, Baroi A, Datta A, Khan MSU, Rahman M, et al. Microplastics in fishmeal: A threatening issue for sustainable aquaculture and human health. *Aquaculture Reports*. agosto de 2022;25:101205.
7. Walkinshaw C, Tolhurst TJ, Lindeque PK, Thompson R, Cole M. Detection and characterisation of microplastics and microfibres in fishmeal and soybean meal. *Marine Pollution Bulletin*. diciembre de 2022;185:114189.
8. Zhang F, Li D, Yang Y, Zhang H, Zhu J, Liu J, et al. Combined effects of polystyrene microplastics and copper on antioxidant capacity, immune response and intestinal microbiota of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Science of The Total Environment*. febrero de 2022;808:152099.
9. Aryani D, Khalifa MA, Herjayanto M, Pratama G, Rahmawati A, Putra RD, et al. Correlation of Water Quality with Microplastic Exposure Prevalence in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *E3S Web Conf*. 2021;324:03008.
10. Aryani D, Khalifa MA, Herjayanto M, Solahudin EA, Rizki EM, Halwadiyah W, et al. Penetration of Microplastics (Polyethylene) to Several Organs of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. el 1 de marzo de 2021;715(1):012061.
11. Ding J, Zhang S, Razanajatovo RM, Zou H, Zhu W. Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Pollution*. julio de 2018;238:1–9.
12. Lu X, Zhang JX, Zhang L, Wu D, Tian J, Yu LJ, et al. Comprehensive understanding the impacts of dietary exposure to polyethylene microplastics on genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*): tracking from growth, microbiota, metabolism to gene expressions. *Science of The Total Environment*. octubre de 2022;841:156571.
13. Revel M, Châtel A, Perrein-Ettajani H, Bruneau M,

Akcha F, Sussarellu R, et al. Realistic environmental exposure to microplastics does not induce biological effects in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Pollution Bulletin*. el 1 de enero de 2020;150:110627.

14. Lozano-Hernández EA, Ramírez-Álvarez N, Rios Mendoza LM, Macías-Zamora JV, Sánchez-Osorio JL, Hernández-Guzmán FA. Microplastic concentrations in cultured oysters in two seasons from two bays of Baja California, Mexico. *Environ Pollut*. el 1 de diciembre de 2021;290:118031.
15. Gardon T, Reisser C, Soyez C, Quillien V, Le Moullac G. Microplastics Affect Energy Balance and Gametogenesis in the Pearl Oyster *Pinctada margaritifera*. *Environ Sci Technol*. el 1 de mayo de 2018;52(9):5277–86.
16. Valencia-Castañeda G, Ruiz-Fernández AC, Frías-Espericueta MG, Rivera-Hernández JR, Green-Ruiz CR, Páez-Osuna F. Microplastics in the tissues of commercial semi-intensive shrimp pond-farmed *Litopenaeus vannamei* from the Gulf of California ecoregion. *Chemosphere*. junio de 2022;297:134194.
17. Reunura T, Prommi TO. Detection of microplastics in *Litopenaeus vannamei* (Penaeidae) and *Macrobrachium rosenbergii* (Palaemonidae) in cultured pond. *PeerJ*. el 8 de febrero de 2022;10:e12916.
18. Aiguo Zhou, Zhou A, Zhou A, Zhang Y, Xie S, Chen Y, et al. Microplastics and their potential effects on the aquaculture systems: a critical review. *Reviews in Aquaculture*. 2020;13(1):719–33.
19. Chen G, Li Y, Li Y, Wang J, Wang J. Occurrence and ecological impact of microplastics in aquaculture ecosystems. *Chemosphere*. 2021;
20. Zhang S, Ding J, Razanajatovo RM, Jiang H, Zou H, Zhu W. Interactive effects of polystyrene microplastics and roxithromycin on bioaccumulation and biochemical status in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Science of The Total Environment*. enero de 2019;648:1431–9.
21. Lusher A, Hollman PCH, Mendoza-Hill J. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2017. 126 p. (FAO fisheries and aquaculture technical paper).
22. CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO. Normas

conexas [Internet]. 2023 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee-detail/related-standards/es/?committee=CCFFP>

23. BOE. BOE-A-2022-5809 Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. [Internet]. 2022 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5809>
24. Regeringskansliet R och. Statement of Government Policy 10 September 2019 [Internet]. Regeringen och Regeringskansliet; 2019 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.government.se/speeches/20192/09/statement-of-government-policy-10-september-2019/>
25. U.S. Government. Text - H.R.1321 - 114th Congress (2015-2016): Microbead-Free Waters Act of 2015 [Internet]. 2015 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/1321/text>
26. Légifrance. Décret n° 2017-291 du 6 mars 2017 relatif aux conditions de mise en œuvre de l'interdiction de mise sur le marché des produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides et des bâtonnets ouatés à usage domestique dont la tige est en plastique - Légifrance [Internet]. 2017 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000034154540>
27. Minister of Justice LS. Consolidated federal laws of Canada, Microbeads in Toiletries Regulations [Internet]. 2021 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2017-111/index.html>
28. UK Legislation. The Environmental Protection (Microbeads) (England) Regulations 2017 [Internet]. King's Printer of Acts of Parliament; 2017 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.legislation.gov.uk/ukdsi/2017/9780111162118>
29. DOF - Diario Oficial de la Federación. NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. [Internet]. 2023 [citado el 18 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://sidof.segob.gob.mx/notas/5650705>



# Alimentación, Aspectos Reproductivos y Crecimiento de (*Menidia alchichica alchichica*)

Norma Angélica Navarrete Salgado  
[normaa@unam.mx](mailto:normaa@unam.mx)

La República Mexicana alberga el 9.8% de los peces vertebrados conocidos en el mundo (Espinoza Pérez, 2014).

La Familia Atherinopsidae, es de origen marino, pero ha invadido con éxito los ambientes dulceacuícolas como ríos y lagos. Presenta una buena cantidad de especie endémicas, las cuales se encuentran ya en la NOM 059 Ecol. (Hernández, 2013)

La importancia de la familia Atherinopsidae es que sostienen pesquerías artesanales en diferentes estados de la República Mexicana (Navarrete 2017).

La producción de charal en México fue de 12,303 toneladas, la cual se alcanzó en 2016, disminuyendo en los años subsiguientes. Los estados productores de charal son Michoacán, Estado de México, Guanajuato y Jalisco, siendo este último el que mayor producción ha presentado con 2972 toneladas anuales, en 2017 (CONAPESCA, 2020).

Las poblaciones de charal se han ido reduciendo por alteración de su hábitat, contaminación, pesca, enfermedades e introducción de especies exóticas (Navarrete, et al., 2010)

Entre los géneros de Atherinopsidae se encuentra *Menidia*, que actualmente incluye a *Chirostoma* y a *Poblana*, al no existir diferencias significativas entre estos (Miller et al., 2009).

*Menidia alchichica alchichica* es una especie con longitud máxima de 6 cm. (Díaz Pardo, 1993) y es la única especie de charal presente en la Laguna de Alchichica (Alcocer, et al., 2009). Debido a su micro endemismo se sitúa en la categoría de Amenazada, de acuerdo a la NOM 059 Ecol. (Navarrete 2018)

Lo anterior muestra la importancia de su estudio en aspectos de su alimentación, reproducción y crecimiento, para establecer las bases para su conservación y pesca racional.

## Área de estudio

El Lago cráter Alchichica está localizado a 19°24'N; 97°24'E, a 2300 m.s.n.m. en el asentamiento Oriental del Centro de México (Figura.1). Su profundidad máxima es de 62 m., presentando aguas hiposalinas (Hernández, et. al., 2010; Díaz, 1992).

El clima de la región es semiárido (BS), con una temperatura ambiental media de 19.9 °C. Es el más salobre de los lagos cráter de la región, la salinidad alcanza valores de 5.5 o/oo en la estación lluviosa a 10.0 o/oo en el estiaje (Díaz, 1992).

## Materiales y métodos

Se realizó un muestreo masivo de charales con un chinchorro charalero. Los peces se trasladaron a La FES Iztacala UNAM, en donde 100 organismos fueron medidos hasta mm y pesados hasta décimas de gr. Se disecaron y se extrajo el tubo digestivo, el cual se vació por completo, identificando los grupos alimenticios con las claves de Smith (2001). Finalmente se realizó un conteo de los items encontrados.

Se determinó el estadio gonádico de los organismos (Nikolsky 1963) y se extrajeron los ovarios de los individuos preservados para realizar el conteo de ovocitos a través de un microscopio estereoscópico Zeiss.

Se estimó la relación peso-longitud de acuerdo a la ecuación de Le Creen (1951), de donde se obtuvo el factor de condición y el tipo de crecimiento. Se utilizó el modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy y se obtuvo la longitud máxima, se establecieron las clases de edad mediante el método de Cassie (1954), por último, se obtuvo la tasa de mortalidad y de sobrevivencia de acuerdo a Ricker (1975)

## I.- Alimentación

### Antecedentes

Flores en 1998, realizó un estudio sobre las subespecies de *Menidia alchichica*, abordando la alimentación a grandes grupos.

Navarrete et al., 2019 realizaron un estudio sobre la alimentación de *Menidia jordani* en el Embalse Requena, Estado de Hidalgo, especie muy cercana a *M.a. alchichica*

### Resultados

El charal *M. a. alchichica* consumió 10 items alimenticios pertenecientes a los cladóceros (*Daphnia*, *Diaphanosoma*, *Bosmina*, *Ceriodaphnia* y *Moina*), copépodos (*Leptodiptomus* y *Cletocamptus*), rotíferos (*Brachionus*), ostrácodos, algas y pastos. Figura.2

Las algas ingeridas que se encontradas fueron: *Pseudobaena*, *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Eunotia*, *Stauroneis*, *Cocconeis*, *Closterium*, *Navicula*, *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Gyrosigma* y *Suriella*.

Los items mayormente consumidos fueron *Daphnia*, *Bosmina* y *Cletocamptus*.

### Discusión

*Menidia alchichica alchichica* consume zooplancton y Fitoplancton.

El fitoplancton (14 géneros) se presentó en pocos organismos y en bajo número, la presencia de fitoplancton, se ha reportado en *Menidia jordani*, en



Figura 1. Laguna de Alchichica, Puebla.

embalses del Estado de México e Hidalgo (Abeja et al., 2013 y Navarrete et al., 2017).

El rotífero *Brachionus* y los cladóceros *Daphnia*, *Bosmina*, *Ceriodaphnia* y *Moina*, se han reportado anteriormente en los contenidos estomacales de *Menidia jordani* y *M. humboldtiana* (Navarrete et al., Op.cit.).

Los diaptomidos están presentes en la alimentación de charales (Navarrete et al., Op.cit.), no es extraño que apareciera *Leptodiptomus* en los contenidos estomacales de *M. a. alchichica*, la presencia de este diaptomido en la Laguna de Alchichica, ha sido reportada por Alcocer et al. 2019.

La diferencia en la alimentación de *M. a. alchichica* con otras especies del género *Menidia*, es la presencia del copépodo harparticoide *Cletocamptus*, ya reportado en la Laguna de Alchichica por Suárez et al, 2013.

Los alimentos más consumidos por *M. a. alchichica* fueron *Daphnia*, *Bosmina* y *Cletocamptus*, los altos valores de cladóceros están presentes en otras especies de *Menidia* (Navarrete 2017), el copépodo *Cletocamptus*, aparece solo en *M. a. alchichica* por ser parte de la fauna de la Laguna de Alchichica. (Suárez et al., 2013).

## II.- Reproducción

### Antecedentes

Ibáñez et al., en 2007, estudiaron la biología reproductiva de *Menidia jordani* del lago de Metztlán, observando una fenología reproductiva similar a la de otras poblaciones, a pesar de las diferencias de hábitats. En un artículo publicado en 2009, Olvera-Blanco y colaboradores analizaron muestras colectadas en 1995 y 1996 de *Menidia jordani* en el lago de Xochimilco, obteniendo una variación en la fecundidad que va de 143 a 952 ovocitos por hembra. En 2010, Alcocer et al. observaron la iteroparidad de *M. alchichica alchichica*, teniendo dos períodos de desove; el primero en febrero-abril y el segundo en julio-septiembre.

### Resultados

De acuerdo con la contabilización de individuos (Cuadro.1) se puede observar que los machos son los que tienen mayor abundancia en la muestra, de un total de 209 peces se registraron 158 machos y 51 hembras, se estima que hay tres machos por una hembra.

En relación a la madurez sexual, se encontró que el 77.99% de los organismos estaban maduros



sexualmente (estadios IV, V y VI), el resto correspondió a los organismos inmaduros (Cuadro.1)

En relación a la fecundidad, se reportaron 54 huevos como el número mínimo presentes en una hembra y 658 como el máximo; en promedio se registran 216.16 huevos por hembra. En el tratamiento de los datos de fecundidad y longitud (Cuadro.1) se obtuvo una pendiente con un valor de 0.6575 y la ordenada al origen de 21.234.

## Discusión

Los resultados establecidos en proporciones, describen una relación 3:1, de machos sobre hembras, lo que refleja la predominancia de los machos de *M. alchichica alchichica*. Elizondo-Garza en 1996, atribuye la variabilidad de la proporción sexual de machos sobre hembras a la migración de las hembras a las orillas de la laguna para el desove. En relación con los estadios, éstos nos indican que la mayoría de los organismos ya estaban en etapa de reproducción, mismos que fueron capturados en el mes de marzo. Lo anterior coincide con lo que sucede con *Menidia Jordani* del Estado de México e Hidalgo (Ibañez et al., 2007; Navarrete, 1994).

La cantidad de óvulos producidos (54-658), por *M. alchichica alchichica* en este estudio es inferior al reportado por Navarrete en el 2017, quien menciona que en el caso de *C. jordani*, la cantidad de ovocitos varía de acuerdo al lugar donde habita, en el caso del lago de Xochimilco en 2009, el intervalo va de 143 a 952 ovocitos, y en el embalse Macua, Estado de México va de 564 a 1870 (Olvera et al, 2009;

Navarrete, 1994, Hernández, 1993).

## III.- CRECIMIENTO

### Antecedentes

En relación a los estudios de crecimiento, sólo se cuenta con estudios realizados para otros organismos de la familia Atherinopsidae, como el de Aguilar y Navarrete durante los años 1996-1997, quienes evaluaron el crecimiento, condición y mortalidad del charal *Chirostoma humboldtianum*, en México. El de Sánchez y col. (2006) sobre crecimiento de *C. humboldtianum* en el embalse Los Arcos Durante el año 2011 Navarrete y Contreras evaluaron el crecimiento y mortalidad del charal *Menidia jordani* en el estanque Guillermo Lagunes, Estado de México.

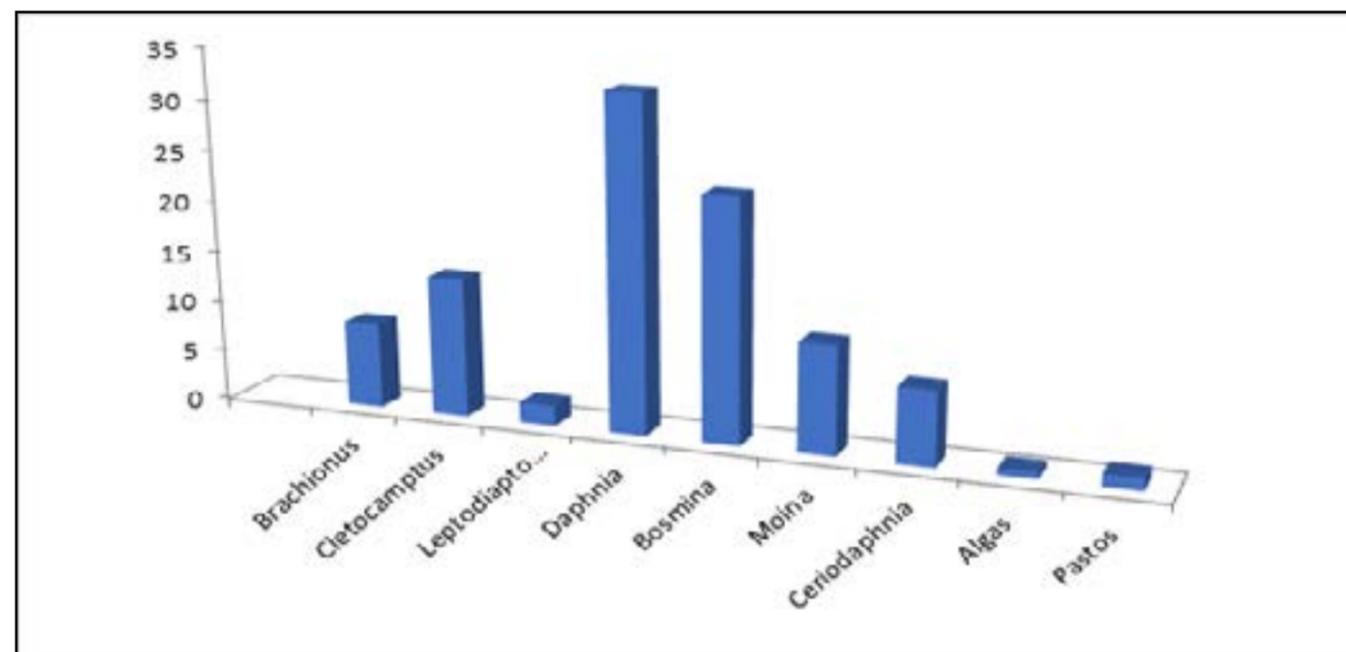
### Resultados

La relación peso- longitud de 50 organismos de *M. alchichica alchichica* se muestra en el Cuadro 1. El tipo de crecimiento que presentó *M. alchichica alchichica* fue isométrico, con un factor de condición de 0.0074.

Con el modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy (Cuadro 1), se obtuvo una longitud máxima de 8.3133 cm y una tasa de crecimiento de -0.3661.

El cuadro (1) presenta el modelo de crecimiento en peso para *Poblana alchichica*, siendo el peso máximo de 4.9174 g.

Se determinaron 4 clases de edad: I (2.25 cm), II (4.00 cm), III (5.5 cm) y IV (6.25 cm); donde la



Proporción ♂ : ♀	3.09 : 1
Organismos maduros (%)	77.99
Organismos inmaduros (%)	22.11
Fecundidad-Longitud	$Y = 21.234 X^{0.6525}$

Cuadro. 1. Parámetros Reproductivos de *Menidia alchichica alchichica*

Relación Peso-Longitud	$Wt = 0.0074 Lt^{3.0687}$
Crecimiento en Longitud	$Lt = 8.3133 (1 - e^{-0.3661(t-0.1450)})$
Crecimiento en peso	$Wt = 4.9174 (1 - e^{-0.3661(t-1450)})^{3.0687}$
Mortalidad	$Nt = 835,177.87 e^{-2.5758(t)}$

Cuadro.2. Parámetros de crecimiento de *Menidia alchichica alchichica*, Puebla.

tasa de mortalidad fue de -2.5758 (92.4%) y la de supervivencia de 7.6% (Cuadro 1).

### Discusión

El tipo de crecimiento de *Menidia alchichica alchichica* fue isométrico, igual que en individuos del género *Chirostoma* con los cuales trabajó Jiménez en 1995.

El factor de condición de *M. alchichica alchichica* se consideró como bajo (0.0074), comparado con lo reportado para el Charal de San Miguel Arco (Sánchez et al, 2006).

El modelo de Von Bertalanffy arrojó una tasa de crecimiento baja (-0.3661), si se compara con el trabajo de Navarrete y Contreras en 2011, considerando que los organismos de *Menidia jordani*, presentaron una tasa de crecimiento de -0.5861. En cuanto a la mortalidad, *M. alchichica alchichica* presentó una tasa mayor (92.4%), comparada de igual forma con Navarrete y Contreras (Op. cit.) (86%) y

Por último, al presentar una tasa de mortalidad alta se afecta la supervivencia de la población, registrándose un valor de 7.6 % para *M. alchichica alchichica*, lo que es menor al porcentaje obtenido para *Menidia jordani* (14%) por Navarrete y Contreras en 2011.

### Conclusión General

*M. a. alchichica* se alimenta principalmente de zooplankton, en su dieta están presentes los rotíferos, cladóceos y copépodos. Los géneros más consumidos son *Daphnia*, *Bosmina* y *Cletocamptus*.

La predominancia de machos con respecto a hembras

de *Menidia alchichica alchichica* capturados en el mes de marzo en la laguna de Alchichica, Puebla, fue de 3:1, teniendo como posibles factores la temperatura que influye en la determinación sexual, y la migración para el desove de las hembras.

Se observó relación entre la fecha de captura de los organismos y la predominancia de los estadios reproductivos en los mismos, pudiendo definir que en el mes de marzo se suscita actividad reproductiva. La fecundidad es baja comparada con otros charales.

Se registraron 4 clases de edad para *M. alchichica alchichica*, presentó una longitud máxima de 8.3133 cm, crecimiento de tipo isométrico con un factor de condición bajo, además de una tasa de crecimiento baja (-0.3661) con un peso máximo de 4.9174 g, la tasa de mortalidad fue alta (92.4%) y por lo tanto la supervivencia es baja (7.6%).

*Menidia alchichica alchichica* es un charal con fecundidad baja, tasa de crecimiento baja, alta mortalidad y baja supervivencia, esto la hace una especie vulnerable, por lo que es necesario plantear estrategias para su conservación de manera urgente.

### LITERATURA CITADA

1. Abeja B., A. Arellanes, I. Hernández, G. Elías, S. Mata y M. Silva. 2011. Variación de la dieta de *Menidia jordani* en el embalse Macua, Estado de México a diferentes horas del día. *Revista de Zoología*. 24:1-8
2. Aguilar, P.J.F. y Navarrete, S.N. 1996-1997. Crecimiento, condición y mortalidad del charal *Chirostoma Humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinidae) en México. *Revista de Biología Tropical* 44(3) /45(1): 573-578.
3. Alcocer, J. 2019. Lago Alchichica: Una joya de biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 244 p.
4. Alcocer, J.; X. Chiappa-Carrara; E. Arce & L. Zambrano. 2009. Threatened fishes of the world: *Poblana alchichica* (de Buen, 1945) (Atheriniformes: Atherinopsidae). *Environmental Biology of Fishes*. 85: 317-318.
5. Alcocer, J.; X. Chiappa-Carrara; E. Arce & L. Zambrano. 2010. *Poblana alchichica*: a threatened silverside species? *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 30: 1429-1432.
6. CONAPESCA, 2016. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. <http://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
7. Díaz-Pardo, E. 1992. Bioecología de los lagos cráter de Puebla. Tesis (doctorado). Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. México.



8. Díaz-Pardo, E. 1993. Population bionomy of the genus Poblana (pisces: Atherinidae). Annual Meeting of America Associating of Ichthyologists and herpetologists. p.124.

9. Elizondo-Garza, R. 1996. Análisis de las capturas de charal *Chirostoma chapalae* con redes mangueadoras y atarrayas en el lago de Chapala, Mich., México. INP. SEMARNARP. Ciencia Pesquera. No. 13.

10. Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 450-5459.

11.-Flores- Negrete, E. 1998. Estudio poblacional de tres especies de Poblana (Pisces, Atherinopsidae) en tres Lagos cráter de Puebla, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 109 pp

12. Hernández M.C., E. Escobar y J. Alcocer. 2010. Ensamble de crustáceos bentónicos en un lago salino tropical. Revista Mexicana de biodiversidad. 81: 133-140

13. Hernández O.F., 1993. Evaluación de algunos aspectos de alimentación y reproducción del charal *Chirostoma jordani* (Woolman) en el embalse Macua, Estado de México (Tesis Profesional, ENEP-Iztacala. UNAM).

14. Hernández. S.; L. Chumba; C. Sélem & J. Chablé. 2013. ¿Qué ha reducido la diversidad de peces endémicos dulceacuícolas en México? Bioagrociencias. 6(1): 6-12.

15. Ibañez. A.; J. García & R. Torres. 2007. Aspectos reproductivos de una población del charal *Menidia jordani* (Woolman) del lago de Metztlán, Hidalgo. Hidrobiología. 18(1):1-9.

16. Le Creen, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition factor perch *Perca fluviatilis*. J, Anim. Ecol. 20(2): 201-219

17. Miller, R., R., W. L. Minckel & S. M. Norris. 2009. Peces Dulceacuícolas de México. Ed. CONABIO. México. 559 p.

18. Navarrete, S., N., A. y G., Contreras R. 2011. Crecimiento y mortalidad del charal (*Menidia jordani*) en el estanque Guillermo Lagunes (GL), Estado de México. Revista Chapingo, Serie Ciencias forestales y del ambiente. 17 (3): 407-410.

19. Navarrete-Salgado N. A., L. Jacobo S. y C.R. Aguilar A. 2009. Alimentación de *Menidia jordani* en el Embalse La Goleta, Estado de México. Revista de Zoología 20:1-6

20. Navarrete N.A.S., G.R. Contreras y L.S. Jacobo. 2010. Situación de *Menidia jordani* (Pisces: Atherinopsidae) en el embalse La Goleta, Estado de México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 16(2): 165-169.

21. Navarrete-Salgado, N.A. 2017. *Chirostoma* (*Menidia*): Ecología y utilización como especie de cultivo en estanques rústicos. BIOCYT. Biología, Ciencia y Tecnología. 10(39): 736-748

22. Navarrete-Salgado, N.A. 1994. Temporada reproductiva y fecundidad de dos especies de charal *C. jordani* y *C. humboldtianum* del Estado de México. Ejercicio calificador. UNAM. México. En: Paulo, J. 2000. Situación actual sobre el conocimiento de la Biología del género *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinopsidae). Ejercicio predoctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México.

23. Nelson. J.; E. Crossman; H. Espinosa-Pérez; L. Findley; C. Gilbert; R. Lea & Williams, J. 2004. Common and Scientific names of fishes from the United States, Canada and México. (6a ed). American Fisheries Society, Special Publication 29. Bethesda, Maryland. p. 386.

24. Nikolsky, G.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press, London, Great Britain. 352 pp

25. Olvera-Blanco. Y.M.; J. L. Gómez-Márquez; B. Peña-Mendoza; M. T. Gaspar-Dillanes & C. Pérez. 2009. Reproductive biology of *Menidia jordani* (Atheriniformes: Atherinopsidae) in Xochimilco Lake, Mexico. Ciencia pesquera. 17(2): 65-75.

**Invitación a postularse con  
artículos para la revista**

# **DIVULGACIÓN ACUÍCOLA**

**En Divulgación Acuícola  
queremos construir una  
comunidad interactiva, por ello  
invitamos a colaborar con  
artículos de su autoría del sector  
Acuícola-Pesquero.**

**[revistadivulgacionacuicola@gmail.com](mailto:revistadivulgacionacuicola@gmail.com)**



**2024**