

Revista Ciencias del Mar UAS



Julio - Septiembre 2026

Núm. 4 Vol. 3

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A

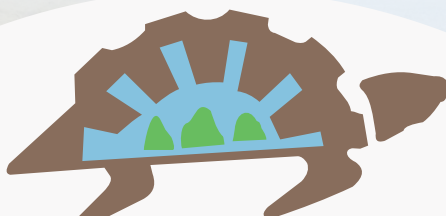
Parasitología y Sanidad Acuícola

Número Especial
EDICIÓN 1

Dr. Víctor Vidal-Martínez

Parasitólogo

ISSN 3061-8959



CIMAR

Revista

DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Número 4, Volumen 3, ISSN 3061-8959



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

- Dr. Jesús Madueña Molina
Rector
- Dra. Nidia Yuniba Brun Corona
Secretaría General
- Dr. Manuel Iván Tostado Ramírez
Vicerrector de la Unidad Regional Sur
- Dra. Marcela de Jesús Vergara Jiménez
Directora General de Investigación y Posgrado
- Dr. Joel Cuadras Urias
Director General del Sistema Bibliotecario
- Dra. Aimée Cervantes Escobar
Directora Facultad de Ciencias del Mar
- Lic. Nidia Odette Santana Rodelo
Coordinadora de Revistas Académicas Universitarias-UAS

Comité Editorial

Dr. José Adán Félix Ortiz
Editor en jefe

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Editor asociado

L.I. Nerika Azucena Benitez Pardo
Gestora de la Plataforma Editorial

Dr. David Arturo Delgado Esquivel
Corrector de Estilo

T.D.G. Ernesto Alfonso Chávez Aranguré
Diseño gráfico y maquetación

Editores por línea de investigación

Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñones, Instituto Politécnico Nacional, México.
Desarrollo de sistemas para la producción sustentable de organismos acuáticos

Dr. Enrique Morales Bojórquez, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. México.
Aprovechamiento sustentable de recursos pesqueros

Dra. Ofelia Escobar Sánchez, SECIHTI-Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
Dra. Nidia Yuniba Brun Corona, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
Manejo sustentable de ambientes costeros

Comité Científico

Dr. Just Tomas Bayle Sempere
Universidad de Alicante, España

Dr. Diego Lercari Bernier
Universidad de la República, Uruguay

Dr. Álvaro Javier Burgos Arcos
Universidad de Nariño, Colombia

Dr. Rodolfo Vögler
Universidad de la República, Uruguay

Dr. Hugo Arancibia Farías
Universidad de Concepción, Chile

Dr. Andrés Cisneros Montemayor
Simon Fraser University, EUA

Dr. Francisco Arreguín Sánchez
Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR), México

El Consejo Editorial de CIMAR UAS Revista Científica agradece las generosas colaboraciones realizadas por investigadores nacionales e internacionales pertenecientes a reconocidas universidades y centros de investigación que participaron como pares evaluadores.

ISSN 3061-8959

CINTILLO LEGAL

Revista Ciencias del Mar UAS, es una publicación trimestral editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Facultad de Ciencias del Mar, con el domicilio en Paseo Claussen S/N, Centro, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México. Teléfono (669) 9828656. Editor responsable, Dr. José Adán Félix Ortiz. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo Núm. 04-2024-110712440500-102, ISSN: 3061-8959.

Cada artículo es obra original del autor, donde son reflejadas sus ideas y apreciaciones; el Comité Editorial y la Revista "Ciencias del Mar UAS" no se hacen participantes de dicha postura, por lo consiguiente el autor de cada artículo/texto será considerado legalmente responsable. La Revista Ciencias del Mar UAS rechaza cualquier reclamación legal proveniente por la reproducción parcial o total de la información, y de plagio en los trabajos publicados.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.



Cada manuscrito está bajo la licencia Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.



CONTENIDO

EDITORIAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Evaluación *in vitro* del potencial probiótico de bacterias intestinales autóctonas de *Oreochromis niloticus*

In vitro evaluation of the probiotic potential of gut bacteria native to *Oreochromis niloticus*

8-42

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Helminths of the false herring, *Harengula clupeiola* (Cuvier) (Dorosomatidae) in Puerto Progreso, Yucatán

Helmintos de la sardinita carapachona, *Harengula clupeiola* (Cuvier) (Dorosomatidae), en Puerto Progreso, Yucatán

43-64

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Metazoan Parasites of *Lagodon rhomboides* (Sparidae) in La Carbonera Lagoon, Yucatán Peninsula

Metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* (Sparidae) en la Laguna la Carbonera, Península de Yucatán

65-90

NOTA CIENTÍFICA

New occurrence of *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) (Copepoda: Bomolochidae) parasitizing *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Eupercaria: Lutjanidae) from Teacapán estuary, Sinaloa, Mexico

Nueva aparición de *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) (Copepoda: Bomolochidae) parasitando *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Eupercaria: Lutjanidae) del estuario de Teacapán, Sinaloa, México

91-99

REVISIÓN CIENTÍFICA

Problemática actual de la pesca en México y algunas alternativas para enfrentarla

Current challenges facing Mexico's fishing industry and potential strategies for addressing

100-144

REVISIÓN CIENTÍFICA

Parásitos metazoarios asociados a especies del género *Centropomus* del Océano Pacífico: una revisión de los últimos 20 años

Metazoan parasites associated with species of the genus *Centropomus* from the Pacific Ocean: a review of the last 20 years

145-180

REVISIÓN CIENTÍFICA

Estado actual de la estreptococosis de tilapia en Colombia

Current Status of Streptococcosis in Tilapia in Colombia

181-217

REVISIÓN CIENTÍFICA

Estado del conocimiento sobre los helmintos de peces en cenotes de la Península de Yucatán en 90 años de estudio

Current state of knowledge on fish helminths from cenotes in the Yucatán Peninsula: 90 years of research

218-254

REVISIÓN CIENTÍFICA

Síntesis de Monogenea (Platyhelminthes) de peces óseos en las costas del Pacífico mexicano

Synthesis of Monogenea (Platyhelminthes) of bony fishes on the coasts of the Mexican Pacific

255-271



EDITORIAL

Carta de la Editora Invitada

 **Dra. Mayra Ixchel Grano-Maldonado**

Es para mí un verdadero honor participar como Editora Invitada de esta edición especial de la Revista Ciencias del Mar UAS, dedicada a la parasitología, la patología y la sanidad de los organismos acuáticos.

Mi formación científica comenzó estudiando Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, con una maestría en Biología Marina en el ICMYL-UNAM y una estancia en el CIAD de Mazatlán, donde conocí experiencias y personas extraordinarias que fortalecieron mi vocación por comprender los ecosistemas acuáticos y consolidaron mi compromiso con la investigación, la formación de recursos humanos y la colaboración científica. Posteriormente, mi formación doctoral en el Reino Unido y las estancias posdoctorales en Portugal y Brasil ampliaron esta visión y reafirmaron una convicción fundamental: la ciencia avanza mediante el intercambio de conocimientos, la colaboración y la integración de distintas perspectivas.

En un escenario marcado por el cambio climático, la intensificación de la acuicultura y la creciente presión sobre los recursos pesqueros, la parasitología constituye una herramienta indispensable para comprender la biodiversidad, la salud de los ecosistemas, las interacciones hospedero-parásito y los desafíos de la producción acuícola sostenible. A lo largo de mi trayectoria, los parásitos me han enseñado que aquello que a menudo pasa inadvertido puede revelar procesos ecológicos extraordinarios. Son una parte esencial de la biodiversidad y pueden servir como valiosos indicadores de la salud ambiental. Y debo confesar que, después de tantos años estudiándolos, nunca ha dejado de sorprenderme lo fascinante que resulta conocerlos.

Una edición construida colectivamente

Los trabajos reunidos en esta edición reflejan la diversidad, la calidad y el rigor de la investigación nacional e internacional contemporánea. Sus contribuciones abordan la biodiversidad parasitaria, la taxonomía integrativa y la sistemática molecular, las enfermedades emergentes, la patología y la bioseguridad acuícolas, el uso de parásitos como bioindicadores ambientales y el desarrollo de alternativas terapéuticas sostenibles.

Deseo expresar un reconocimiento especial al Dr. Víctor Vidal-Martínez por su sólida trayectoria como parasitólogo y por su visión sobre el papel estratégico de la parasitología en la acuicultura y las pesquerías. Su liderazgo académico y su trabajo en el uso de los parásitos como bioindicadores de la contaminación ambiental también representan un ejemplo del valor de la mentoría y de la formación de nuevas generaciones de científicos.

Esta edición es, ante todo, un esfuerzo colectivo. Por ello, dedico especialmente este mensaje a mis estudiantes, en particular a quienes han decidido hacer de la investigación científica un proyecto de vida. Si alguna huella he dejado en ustedes y he logrado inspirarlos, deseo que sea la pasión por hacer ciencia con integridad, excelencia y responsabilidad; pero, sobre todo, que comprendan que el conocimiento alcanza su mayor valor cuando se comparte y se pone al servicio de quien o de lo que lo necesita.

Gratitud, identidad y legado

Representó para mí un honor dedicar una nueva especie de parásito sinaloense a nuestra Facultad de Ciencias del Mar, como parte del patrimonio biológico de nuestra región, y refleja un profundo sentido de pertenencia hacia la institución que ha acompañado gran parte de mi desarrollo profesional desde esta bella ciudad y puerto.

Agradezco profundamente al Dr. Martín Frías por su invitación, así como al cuerpo editorial de la Revista Ciencias del Mar UAS, al Dr. Adán Félix y al Dr. Eugenio Aragón, por la oportunidad de aprender y participar en esta edición especial. Mi reconocimiento y gratitud a todos los autores, revisores, estudiantes y colaboradores que hicieron posibles estos dos volúmenes.

Hoy, más que nunca, la parasitología nos recuerda que el conocimiento no tiene fronteras: comprender a los parásitos es también comprender la salud de los ecosistemas, conservar la biodiversidad y contribuir a la sostenibilidad de nuestros recursos acuáticos.

La ciencia deja su mayor legado no solo en las publicaciones que produce, sino también en las personas que inspira y en las generaciones que forma...

Con mi más sincera gratitud,

Dra. Mayra Ixchel Grano-Maldonado

UAS-CA-162





CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

Evaluación *in vitro* del potencial probiótico de bacterias intestinales autóctonas de *Oreochromis niloticus*

In vitro evaluation of the probiotic potential of gut bacteria native to *Oreochromis niloticus*



1. Diana Elizabeth García Rodríguez



0009-0000-6415-6985

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



2. Marcelo Leandro Delgado Gelpud



0009-0008-9810-8306

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



3. Camilo Lenin Guerrero Romero



0000-0002-6948-4344

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.

Autor de correspondencia: camiloguerrero.ipa@udenar.edu.co



4. Yemal Alexander Maigual Enriquez



0000-0002-9873-2538

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



5. Leidy Tatiana Portillo Delgado



0000-0002-4988-8149

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



6. Marco Antonio Imués Figueroa



0000-0002-7607-540X

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



7. Lizeth Giovanna Mejía Ortiz



0000-0001-7182-1365

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



8. Luis Evert Enriquez Benavides



0000-0002-9009-9432

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, Nariño, Colombia.



Evaluación *in vitro* del potencial probiótico de bacterias intestinales autóctonas de *Oreochromis niloticus*

In vitro evaluation of the probiotic potential of gut bacteria native to *Oreochromis niloticus*

► RESUMEN

Los probióticos desempeñan un papel relevante en el cultivo de *Oreochromis niloticus*, ya que contribuyen al equilibrio del tracto digestivo, mejoran la digestión de nutrientes, fortalecen la respuesta inmune y aumentan la resistencia frente a patógenos oportunistas como *Streptococcus agalactiae*. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial probiótico de bacterias autóctonas del tracto gastrointestinal de *O. niloticus*. Se realizaron el aislamiento bacteriano y la caracterización física y biológica mediante observación morfológica, tinción de Gram, pruebas bioquímicas, antibiograma y evaluación de la actividad antagonica frente a *S. agalactiae*. Se obtuvieron 14 aislados bacterianos, de los cuales tres cepas mostraron potencial probiótico. La prueba de pH permitió seleccionar los morfotipos IM-011, IM-012 y IM-013 (*Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis* y *Brevibacterium casei*, respectivamente) por su alta supervivencia. El análisis de antagonismo basado en un diseño factorial, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los morfotipos y sus interacciones. El *Bacillus thuringiensis* fue el más efectivo a una concentración de 1×10^7 UFC mL⁻¹. Sus productos extracelulares, principalmente ácido acético y láctico, contribuyeron en la inhibición del crecimiento de *S. agalactiae*. Estos resultados sugieren que las bacterias identificadas son candidatas a probióticos, aunque se recomienda validar sus efectos mediante estudios *in vivo*.

Palabras clave: Probióticos, *Oreochromis niloticus*, Antagonismo, *Streptococcus agalactiae*



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Probiotics play an important role in the farming of *Oreochromis niloticus*, as they help maintain the balance of the digestive tract, improve nutrient digestion, strengthen the immune response, and increase resistance to opportunistic pathogens such as *Streptococcus agalactiae*. The objective of this study was to evaluate the probiotic potential of bacteria native to the gastrointestinal tract of *O. niloticus*. Bacterial isolation, physical, and biological characterization were performed using morphological observation, Gram staining, biochemical tests, an antibiogram, and evaluation of antagonistic activity against *S. agalactiae*. Fourteen bacterial isolates were obtained, of which three strains showed probiotic potential. The pH test facilitated the selection of the morphotypes IM-011, IM-012, and IM-013 (*Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis*, and *Brevibacterium casei*, respectively) due to their high survival rates. The antagonism analysis, based on a factorial design, revealed significant differences ($P < 0.05$) among the morphotypes and their interactions. *Bacillus thuringiensis* demonstrated the greatest efficacy at a concentration of 1×10^7 CFU mL⁻¹ (colony-forming units). The extracellular products of these organisms, primarily acetic and lactic acids, contributed to the inhibition of pathogen growth. These results suggest that the identified bacteria are candidates for probiotics, although their effects should be validated through in vivo studies.

Keywords: Probiotics, *Oreochromis niloticus*, Antagonism, *Streptococcus agalactiae*

► INTRODUCCIÓN

La acuicultura a nivel mundial ha experimentado un crecimiento significativo, y su viabilidad económica depende de una producción eficiente, condición necesaria para garantizar la rentabilidad del sector (Rodríguez et al., 2025). Sin embargo, este aumento ha traído consigo importantes desafíos, entre los que destaca el manejo de las enfermedades bacterianas (Romanzini y Costa, 2023); Ntakirutimana et al., 2025). Los brotes de estas enfermedades en los sistemas acuícolas



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

han generado pérdidas económicas considerables debido a las elevadas tasas de mortalidad en los cultivos, así como a los altos costos asociados a las estrategias de prevención y tratamiento (Mahmud et al., 2025).

En este sentido, el cultivo de tilapia del Nilo (*O. niloticus*), una de las especies de mayor demanda en el mercado mundial, enfrenta importantes retos en áreas de sanidad e inocuidad. Las altas densidades de siembra características de los sistemas de producción intensiva, junto con las prácticas de manejo orientadas a maximizar el rendimiento, generan estrés en los peces, esta condición altera las comunidades microbianas presentes tanto en el ambiente como en el hospedador, lo que favorece la disbiosis de la microbiota intestinal y, por consiguiente, el desarrollo de enfermedades (Infante-Villamil et al., 2021; Abd El-Hack et al., 2022). Ante ello, resulta importante comprender los factores que contribuyen al mantenimiento de la salud y la resistencia de los peces frente a los patógenos entre los cuales, la microbiota intestinal, desempeña un papel esencial (Bertaglia et al., 2023).

La microbiota intestinal se ha utilizado como un biomarcador de la salud y de capacidad metabólica de los peces debido a su participación en diversos procesos biológicos, entre ellos el crecimiento, la fisiología, la respuesta inmunitaria y la función de barrera frente a patógenos. En consecuencia, una disminución de su diversidad y estabilidad se asocia estrechamente con una mayor susceptibilidad a enfermedades. Debido a su importancia, varios estudios han centrado su atención en aislar y caracterizar la diversidad y las funciones de las comunidades bacterianas presentes en peces sanos, así como en identificar los factores externos que modulan la composición, el equilibrio y la funcionalidad de la microbiota intestinal (Xiong & Chen 2018).

Para controlar las enfermedades infecciosas en el cultivo de tilapia del Nilo, se han utilizado antibióticos y biocidas como métodos preventivos; sin embargo, el uso inadecuado de estos productos químicos ha contribuido al aumento de la resistencia bacteriana, a la contaminación de los ecosistemas acuáticos y a la acumulación de residuos farmacológicos en los tejidos de los peces y en el agua (Matee, 2026).

Como alternativa a esta problemática, la adopción de probióticos que, de

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los probióticos son un grupo de bacterias beneficiosas que producen ácido acético, ácido láctico, bacteriocinas y péptidos antibacterianos para inhibir el crecimiento de patógenos y conferir beneficios para la salud del huésped (Moustafa et al., 2021; Elsegeny et al., 2025; Mohammed et al., 2025).

Asimismo, los probióticos pueden definirse como complementos microbianos vivos que, al modular la microbiota asociada al hospedero o al ambiente, favorecen la resistencia a enfermedades, el crecimiento, la supervivencia, el aprovechamiento del alimento, la respuesta al estrés y la calidad del agua (Vulla et al., 2024). En este contexto, el tracto gastrointestinal de los peces constituye un reservorio natural de bacterias con potencial probiótico. Por ello, los microorganismos aislados de este ambiente se catalogan por ser candidatos prometedores para el desarrollo de suplementos probióticos más eficientes y adaptados a las condiciones fisiológicas del hospedador (Chakma et al., 2025).

Estudios previos indican que los probióticos se emplean en la acuicultura como suplementos alimenticios o aditivos en el agua y desempeñan un papel importante en los peces al controlar enfermedades bacterianas, fúngicas y virales (Anokyewaa et al., 2026). Entre ellos, se destacan las bacterias Gram positivas pertenecientes a los géneros *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium* y *Enterococcus*, aunque existen formulaciones probióticas basadas en bacterias Gram negativas (*Escherichia coli*) y hongos (*Saccharomyces*) (Calcagnile et al., 2024; Tayyab et al., 2025).

Respuestas benéficas se han documentado en otras especies de interés comercial, como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), la carpa común (*Cyprinus carpio*), el bagre rayado (*Pangasianodon hypophthalmus*) y el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), en ellas probióticos como: *Lactobacillus rhamnosus*, *Bacillus* Liq-Vtech, *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactococcus lactis* mejoraron el crecimiento, la supervivencia, el desempeño fisiológico y la respuesta inmunológica innata (Võ et al., 2024; Hosseinzadeh et al., 2025; Mahmoodian et al., 2025; Lalitha et al., 2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

De manera similar, diversos estudios han evaluado el potencial probiótico de bacterias aisladas de la tilapia del Nilo. Por ejemplo, Chemlal-Kherraz et al. (2016) analizaron 10 cepas de *Lactobacillus* aisladas de esta especie y demostraron un fuerte antagonismo frente a patógenos clave (*S. aureus*, *E. coli*, *Streptococcus* sp. y *Pseudomonas* sp.). Estas cepas destacaron por su rápida producción de ácido láctico, logrando reducir el pH en menos de tres horas, lo que les confiere características idóneas para su uso en acuicultura. Por su parte, Kuebutornye et al. (2020) aislaron tres cepas nativas (*Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*) que toleraron condiciones extremas de hasta 100 °C, pH 1 y sales biliares. Además, inhibieron eficazmente a los patógenos *S. agalactiae*, *A. hydrophila* y *V. harveyi*, demostrando un alto potencial para sustituir el uso de antibióticos. Finalmente, Abarra et al. (2025) evaluaron *in vitro* e *in vivo* dos aislados autóctonos de *Bacillus subtilis* de tilapia, que exhibieron actividad enzimática digestiva y antagonismo bacteriano.

En conjunto, las evaluaciones de especies como *Lactobacillus plantarum* y *Bacillus toyonensis*, respaldan el potencial antibacteriano y justifican su aplicación como alternativa natural a los quimioterapéuticos convencionales en acuicultura (Guimarães et al., 2024; Niveditha et al., 2025). En este contexto, y con el fin de contribuir a la implementación de soluciones bioseguras para la especie, este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial probiótico *in vitro* de bacterias autóctonas del tracto gastrointestinal de tilapia nilótica (*O. niloticus*).

► MATERIALES Y MÉTODOS

Consideraciones éticas

Este estudio se llevó a cabo según lo establecido en la Resolución No. 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia y el Acuerdo 001 de 2011 del Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Nariño, garantizando el uso responsable de los juveniles de tilapia del Nilo y el cumplimiento ético en todo el proceso.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Caracterización del aislado bacteriano

Recolección de muestra

Se utilizaron cinco juveniles de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de 50 g, provenientes de una producción extensiva en el municipio de Buesaco, Nariño, Colombia, seleccionados con base en criterios de comportamiento y estado de salud, de acuerdo con lo descrito por Aly et al. (2008). Posteriormente, fueron trasladados al Laboratorio de Sanidad Acuícola del programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño, en Pasto, Nariño, Colombia.

Aislamiento y siembra bacteriana

Se sacrificaron los organismos mediante anestesia con eugenol en proporción 1:9 (eugenol: etanol) a una concentración de 2 mL gal⁻¹ (Machnik et al., 2023) gal. Se diseccionó cada ejemplar y, de cada uno, se extrajo el tercio medio del intestino. La masa biológica resultante (1 g) se maceró en un mortero con solución salina fisiológica hasta la homogeneización completa. A partir de esta preparación, se realizaron diluciones sucesivas hasta 10⁻⁶ en caldo de Man, Rogosa y Sharpe (MRS) y en el Caldo Soja Trypticaseína (TSB). Se homogeneizó con un vortex (VF2®, IKA Janke & Kunkel Labortechnik, Staufen, Alemania) y sembró 100 µL de cada dilución mediante la técnica de siembra masiva (Sanders, 2012) en cajas Petri con agar (MRS) y agar Trypticase de Soya (TSA), se incubó a una temperatura de 36 °C en una incubadora (Memmert® Schwabach, Alemania) y se realizaron lecturas del crecimiento bacteriano al cumplir las 24 y 48 h de incubación.

Identificación y purificación de morfotipos

Para obtener cepas puras, se realizaron subcultivos sucesivos de colonias individuales en nuevos medios de cultivo. Se consideraron aspectos morfológicos, como color, forma, elevación y borde, de acuerdo con lo establecido por Arroyo et al. (2018). Posteriormente, se realizó una tinción de Gram para su observación microscópica, según la metodología de Canosa (2003). Cada aislamiento recibió un código basado en su localización (IM= Intestino Medio) y el número de morfotipos. Los microorganismos se conservaron a -20 °C en una solución de glicerol y caldo TSA o MRS (1:1), de acuerdo con Palacios Quintanilla y Rivas Hernández (2019).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Identificación bioquímica

Los cultivos aislados fueron evaluados mediante pruebas bioquímicas tales como Citocromo Oxidasa, Catalasa y Prueba de producción de Sulfuro-Indol-Motilidad, Lactosa, utilización de Citrato, Ureasa e Hidrólisis de esculina, según Macfaddin (2003); Shields y Cathcart (2010); Ortega y Fuertes (2015).

Selección inicial de los morfotipos bacterianos

Los morfotipos bacterianos aislados se sometieron a un proceso de selección preliminar mediante crecimiento en agar MacConkey, utilizado como medio diferencial y selectivo para la identificación de bacterias Gram negativas. Los aislados fueron sembrados en agar MacConkey e incubados de acuerdo a Murray et al. (2015). Los morfotipos que presentaron crecimiento se clasificaron como positivos y fueron excluidos de las evaluaciones posteriores, ya que no cumplieron los criterios de selección de candidatos con potencial probiótico.

Evaluación del potencial probiótico de los aislados

Actividad hemolítica

La actividad hemolítica se evaluó mediante la inoculación de cada aislado utilizando el método francés en placas de agar MRS o TSA suplementadas con 5 % v/v de sangre humana, según la colonia bacteriana evaluada. Los cultivos se incubaron a 36 °C durante 24 h. Posteriormente, las cepas se caracterizaron según el grado de hemólisis producido, clasificándose como alfa, beta o gamma hemolíticas, de acuerdo con Noguera y Villamil (2009). }

Resistencia al pH

Una vez obtenidos los morfotipos que cumplieron con el requisito anterior (gamma-hemólisis), se inoculó el 10% de cada aislado utilizando caldo MRS para las cepas del género *Lactobacillus* y caldo TSB para los aislados del género *Bacillus*, previamente acidificado con ácido clorhídrico 1N hasta alcanzar pH 1 y 2, de acuerdo con Cueto-Vigil et al. (2010). Como control, cada aislado se inoculó simultáneamente en caldo MRS o TSB ajustado a un pH 7. Se midió la absorbancia a 640 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS® 40/50 Thermo Scientific, Waltham, MA, EE. UU.) al tiempo inicial 0 h (Ti) y al finalizar las 24 h de incubación (Tf). De manera paralela, se realizaron diluciones seriadas



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

hasta 10^{-6} en Ti y Tf, a partir de las cuales se sembraron alícuotas de 100 µL en cajas Petri. Esto permitió determinar el número de células viables mediante el método de conteo en placa. El porcentaje de supervivencia se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{\log_{UFC Tf}}{\log_{UFC Ti}} * 100$$

Donde: **Log_{UFC Tf}**: logaritmo de las unidades formadoras de colonias (UFC) en el Tf y **Log_{UFC Ti}**: logaritmo de las UFC inoculadas inicialmente en el Ti (Cueto-Vigil et al., 2010).

Sensibilidad a antibióticos

La técnica de sensibilidad a antibióticos fue desarrollada por Montero-Recalde (2018). Los aislados obtenidos y la cepa patógena *S. agalactiae*, fueron sometidos a ensayos de sensibilidad frente a diferentes antibióticos: eritromicina (15 µg), cloranfenicol (30 µg), oxitetraciclina (30 µg) y gentamicina (120 µg). Se realizó una siembra en césped de cada cepa en cajas de Petri con agar MRS, TSA y Brain Heart Infusion (BHI), según correspondiera. El sembrado se dejó secar durante cinco minutos con la caja cerrada; posteriormente, con pinzas estériles, se colocaron los discos de antibióticos sobre la superficie del agar, distribuyéndolos de manera uniforme en la periferia. Después, se incubaron a 36 °C durante 24 horas. Finalmente, se midieron los diámetros de los halos de inhibición (mm). Los resultados se clasificaron como sensibles (> 20 mm) o resistentes (< 20 mm), de acuerdo con los criterios establecidos por el National Committee for Clinical Laboratory Standards (US) (2006).

Actividad antibacteriana mediante productos extracelulares (PECs)

Se utilizaron colonias aisladas del tracto intestinal de *O. niloticus* y, de acuerdo con Sudheesh y Xu (2001), los PECs se obtuvieron al cultivar bacterias en medio TSB e incubadas durante 24 horas a 36 °C. Posteriormente, las muestras se procesaron en una centrífuga (Z 230[®], Hermle Labortechnik, Wehingen, Alemania) por un tiempo de 20 min a 12,000 rpm y se extrajo el sobrenadante, según las indicaciones de Newaj-Fyzul (2007) y Balcázar et al. (2009). La capacidad de inhibición



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



bacteriana se evaluó utilizando una cepa patógena certificada tipo I de *S. agalactiae* (ATCC® 13813™), bacteria reportada como uno de los principales agentes etiológicos de enfermedades en cultivos de tilapia.

Evaluación de la capacidad de los PECs en la inhibición del crecimiento de la bacteria patógena

Se estableció una relación 1:1 en tubos de ensayo, se combinaron 5 mL de los PECs derivados de los distintos morfotipos bacterianos con 5 mL de la cepa patógena (*S. agalactiae*), previamente cultivada en caldo BHI. Como control, se sembró la bacteria patógena en un tubo de ensayo sin la presencia de PECs. Se midió el crecimiento a una absorbancia de 600 nm en intervalos de 0, 4, 8 y 12 horas.

Evaluación de la actividad antibacteriana mediante la técnica de pozos en agar

Siguiendo las indicaciones de Montero-Recalde (2018), la bacteria *S. agalactiae* se sembró en caja Petri sobre agar BHI de forma masiva; utilizando un hisopo estéril, y se dejó secar durante cinco minutos. Posteriormente, se perforaron cuatro pozos de 7.4 mm de diámetro en el agar con la parte posterior de una punta de micropipeta estéril y se sellaron con 10 µL de agar BHI. En tres de los pozos se agregaron 20 µL de los productos extracelulares (PECs) de la bacteria en estudio, mientras que en el cuarto pozo se utilizó caldo TSB como control. El ensayo se realizó en triplicado. Las cajas de Petri se incubaron a 36 °C durante 24 horas. Finalmente, se midió el diámetro del halo formado alrededor de los pozos, siguiendo la recomendación de Noguera y Villamil (2009).

Análisis de los productos extracelulares (PECs) de las bacterias seleccionadas

Los PECs se analizaron en el laboratorio de Cromatografía de la Universidad de Nariño a través de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). El sistema de HPLC estuvo compuesto por un cromatógrafo de líquidos (Breeze, Waters Corporation®, Milford, MA, EE. UU.) equipado con una bomba binaria (modelo 1525, Waters Corporation®, Milford, MA, EE. UU.) un detector de arreglo de diodos PDA (modelo 2998, Waters Corporation®, Milford, MA, EE. UU) configurado a una longitud de onda de 210 nm, y un inyector de muestra (modelo



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

7725i, Rheodyne, Rohnert Park®, CA, EE. UU.) con Loop de 20 µL. Las separaciones cromatográficas se realizaron a temperatura ambiente utilizando una columna analítica C18(2) (250 mm x 4.6 mm x 5.4 µm) 100 Å. La fase móvil estuvo constituida por un buffer de fosfato ajustado a pH 2.5 y acetonitrilo, con un flujo de 1.0 mL min⁻¹. Finalmente, para identificar y cuantificar los metabolitos, se utilizaron estándares comerciales de referencia de grado HPLC de ácido láctico y ácido acético (Sigma-Aldrich®, St. Louis, MO, EE. UU.), los cuales fueron identificados mediante la comparación de los tiempos de retención y de los espectros de absorción ultravioleta (UV) (Szkop y Bielawski, 2013).

Cinética de crecimiento de morfotipos aislados y bacterias patógenas

Cada morfotipo se inoculó en caldo TSB o BHI y se incubó a 36°C. La absorbancia se midió a 600 nm en intervalos de 30 min, desde el inicio del cultivo hasta que la curva de crecimiento alcanzó la fase de declive o muerte. Paralelamente, se determinó la concentración mediante el recuento en cámara de Neubauer, según el método de Rodríguez (2005).

Identificación molecular de las cepas seleccionadas

Se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, Colombia. Se inocularon las bacterias en agar TSA en tubos de ensayo, se empaquetaron y se transportaron refrigerados. Se utilizó el método de identificación bacteriana propuesto por del Rosario Rodicio y del Carmen Mendoza (2004), el cual consiste en la secuenciación del ADN_r 16S en tres etapas: a) amplificación del gen a partir de la muestra apropiada; b) determinación de la secuencia de nucleótidos del amplicón y c) análisis de la secuencia.

Ensayo de antagonismo

Se determinó la capacidad inhibitoria de las cepas probióticas frente a *S. agalactiae* mediante la medición de halos de inhibición. Para ello, se efectuó la siembra de *S. agalactiae* en forma masiva con hisopo estéril sobre la caja Petri de acuerdo con las concentraciones establecidas (1x10⁶ UFC mL⁻¹ o 1x10⁷ UFC mL⁻¹); posteriormente, se dejó secar por cinco minutos y se realizaron cuatro pozos de 7.4 mm de diámetro en el agar, utilizando la parte posterior de una punta para micropipeta estéril, los cuales fueron sellados con 10 µL de agar BHI. En tres de los pozos se



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

agregó 20 μL de biomasa según la concentración de cepas para cada uno de los niveles (1×10^6 UFC/mL o 1×10^7 UFC/mL) según corresponda, el cuarto pozo (control) se utilizó caldo TSB, el ensayo se realizó por triplicado. El conjunto se incubó a 36°C durante un período de 12 a 24 horas. Finalmente, se midió el diámetro del halo formado alrededor de los pozos, siguiendo la recomendación de Noguera y Villamil (2009).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del ensayo de antagonismo fueron sometidos a pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) factorial para evaluar el efecto de los factores, así como la interacción sobre el diámetro del halo de inhibición. Cuando se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$), las medias se compararon mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. En todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ utilizando el software RStudio versión 4.3.1. Con el fin de determinar el mejor aislado y la mejor concentración frente a *S. agalactiae*, se aplicó un diseño factorial conformado por tres morfotipos bacterianos (IM-011, IM-012 e IM-013) y dos concentraciones de *S. agalactiae* (1×10^6 y 1×10^7 UFC mL^{-1}), ver Tabla I.

Tabla I. Matriz de arreglo factorial

Cepa patógena/ concentración		Morfotipos/concentración					
		IM-011		IM-12		IM-013	
		1×10^6	1×10^7	1×10^6	1×10^7	1×10^6	1×10^7
		UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL
<i>Streptococcus agalactiae</i>	1×10^6 UFC/mL	T ₁₋₀	T ₂₋₀	T ₁₋₁	T ₂₋₁	T ₁₋₂	T ₂₋₂
	1×10^7 UFC/mL	T ₃₋₀	T ₄₋₀	T ₃₋₁	T ₄₋₁	T ₃₋₂	T ₄₋₂

UFC: Unidad Formadora de Colonias.

IM-011, IM-12 y IM-013: Códigos de identificación interna asignados a los morfotipos bacterianos aislados del intestino medio de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTADOS

Se aislaron 14 morfotipos provenientes de la región media del intestino de *O. niloticus*. Los morfotipos mostraron características bacilares, lo que corrobora el crecimiento bacteriano en medios selectivos específicos para el desarrollo de bacterias ácido-lácticas. En cuanto a la

coloración de las colonias, el 50% fue blanco, 28.5% crema y el 21.5% translúcida. Respecto a la forma, el 50% irregular, 35.8% circular, puntiforme y filamentosa 7.1%. En relación con el borde, el 42.9% fue ondulado, 28.6% redondeado, 14.3% lobulada, borde filamentoso y espiculado presentaron 7.1% respectivamente. La superficie convexa fue la característica predominante, observada en siete morfotipos (50%). A nivel microscópico, la tinción de Gram mostró que el 64.3% de los morfotipos aislados eran Gram positivos con forma bacilar, mientras que el 35.7% Gram negativos con forma de bacilo (Figura 1, Tabla II).

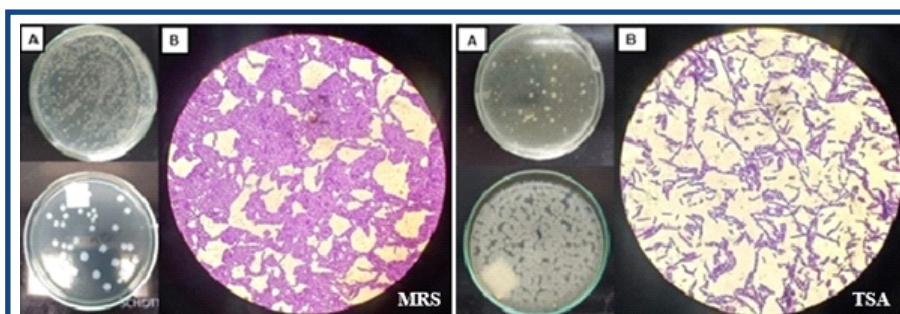


Figura 1. Morfotipos aislados en medio nutritivo Man, Rogosa y Sharpe (MRS) y agar Tripticosa de Soya (TSA). A) Aislamiento y purificación bacteriana; B) Análisis morfológico mediante tinción de Gram a 100X.

Tabla II. Caracterización morfológica de las colonias de los microorganismos aislados

Código	Color	Forma	Borde	Superficie	Tinción de Gram
IM-001	Blanco	Irregular	Lobulado	Convexa	+
IM-002	Crema	Puntiforme	Ondulado	Convexa	+
IM-003	Blanco	Irregular	Ondulado	Convexa	+
IM-004	Blanco	Circular	Espiculado	Convexa	+
IM-005	Blanco	Irregular	Ondulado	Convexa	-
IM-006	Traslúcida	Irregular	Ondulado	Planoconvexa	-
IM-007	Traslúcida	Circular	Ondulado	Planoconvexa	-
IM-008	Blanco	Circular	Redondeado	Plana	-
IM-009	Traslúcida	Circular	Redondeado	Convexa	-
IM-010	Blanco	Filamentosa	Filamentoso	Plana	+
IM-011	Crema	Irregular	Redondeado	Planoconvexa	+
IM-012	Crema	Irregular	Ondulado	Planoconvexa	+
IM-013	Blanco	Circular	Redondeado	Convexa	+
IM-014	Crema	Irregular	Lobulado	Plana	+



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Pruebas bioquímicas de los organismos aislados

En la tabla III, se observa que 13 morfotipos presentaron un resultado positivo en la prueba de catalasa (92.9%). En la prueba de SIM, el 50% de los aislados mostró motilidad. La prueba de Lactosa fue positiva en 10 morfotipos (71.5%), mientras que en la prueba de hidrólisis de esculina correspondió a resultados negativos con 12 aislados (85.7%). La prueba de Mac Conkey fue utilizada como método de filtrado selectivo (Murray et al., 2015), donde el crecimiento bacteriano indicó la presencia de bacterias Gram negativas, lo que sugiere una posible presencia de agentes patógenos para peces.; así, de las 14 cepas bacterianas, cinco fueron excluidas del estudio por marcar positivo en esta prueba, una característica no deseable para el objetivo de esta investigación. En consecuencia, se seleccionaron 9 morfotipos bacterianos (64.3%).

Tabla III. Pruebas bioquímicas de los organismos aislados

Código	Oxidasa	Catalasa	Sulfuro	Indol	Motilidad	Mac Conkey	Lactosa	Citrato de Simons	Ureasa	Hidrólisis de esculina
IM-001	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
IM-002	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
IM-003	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
IM-004	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
IM-005	±	+	-	+	-	+	+	+	+	+
IM-006	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+
IM-007	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-
IM-008	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-
IM-009	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
IM-010	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
IM-011	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-
IM-012	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
IM-013	±	+	-	-	-	-	+	-	-	-
IM-014	±	+	-	-	+	-	+	-	+	-

Ensayo actividad hemolítica

Se constató que el total de los 9 morfotipos seleccionados anteriormente, presentaron hemólisis tipo "gama hemólisis", (Tabla IV).

Tabla IV. Tipo de hemólisis de los morfotipos aislados del intestino medio de tilapia nilótica (*O. niloticus*)

Código	Hemólisis
IM-001	Y
IM-002	Y
IM-003	Y
IM-004	Y
IM-0010	Y
IM-0011	Y
IM-0012	Y
IM-0013	Y
IM-0014	Y
"Y" Gama – Hemólisis	



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Resistencia al pH

La resistencia de los morfotipos aislados frente a cambios de pH fue evaluada mediante el recuento de UFC mL⁻¹ al tiempo inicial (Ti) y final (Tf) (Figura 2). Los resultados de los morfotipos IM-001 a IM-004 y IM-010 a IM-014 expuestos a pH 1 se presentan en las figuras 2A y 2B, respectivamente, mientras que los correspondientes a pH 2 se muestran en las figuras 2C y 2D. De igual manera, el crecimiento de los morfotipos bajo condiciones de control se muestra en las figuras 2E y 2F. Bajo las condiciones evaluadas, los morfotipos IM-011, IM-012 y IM-013 presentaron los mayores valores de concentración bacteriana ante la exposición a pH ácido (Figura 2B y 2D). Estos morfotipos alcanzaron una concentración de 9.10×10^3 UFC mL⁻¹, 3.87×10^3 UFC mL⁻¹ y 3.19×10^3 UFC mL⁻¹, respectivamente. Con base en su capacidad de supervivencia en condiciones de pH extremo, estos morfotipos fueron seleccionados para las pruebas posteriores de evaluación del potencial probiótico.

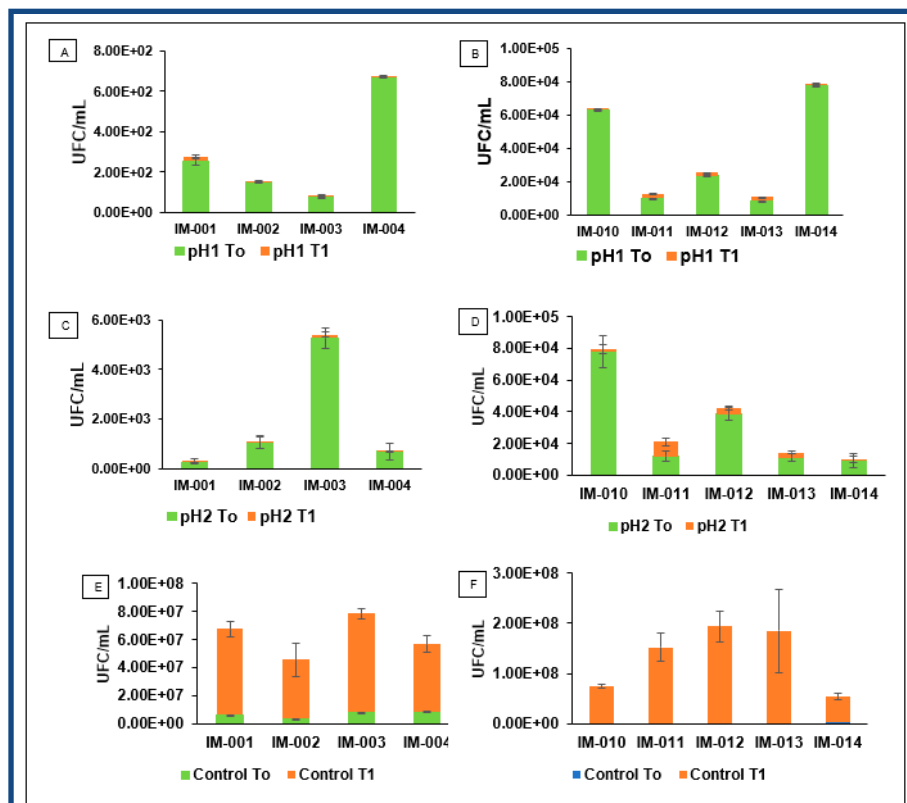


Figura 2. Resistencia de los morfotipos aislados frente a cambios de pH. (Ti: tiempo inicial; Tf: Tiempo final) Los datos se expresan como media $\pm$ DE.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Supervivencia de los morfotipos al pH

Los morfotipos IM-011, IM-012 e IM-013 presentaron los mayores porcentajes de supervivencia a niveles de pH 1 y 2. En la Figura 3 se observa que estos aislados conservaron su viabilidad después de la exposición a condiciones extremas. A pH 1, las supervivencias fueron 87%, 75% y 86% para IM-011, IM-012 e IM-013, respectivamente, mientras que a pH 2 alcanzaron valores de 97%, 78% y 87% respectivamente (Figuras 3B y 3D).

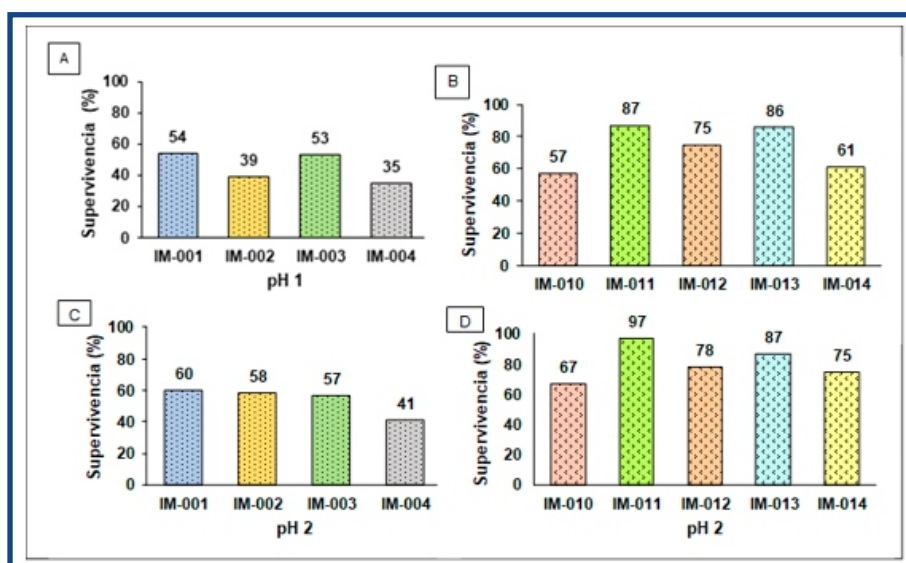


Figura 3. Supervivencia de los morfotipos a condiciones de pH

Sensibilidad a los antibióticos

Los tres morfotipos seleccionados (IM-011, IM-012 e IM-013) fueron sensibles a los cuatro antibióticos: eritromicina, cloranfenicol, amoxicilina y gentamicina (Figura 4). Esta sensibilidad se manifestó a través de la formación de halos de inhibición alrededor de los discos impregnados con cada antibiótico. Lo que indica una eficacia de estos agentes para inhibir el crecimiento bacteriano, (Tabla V).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

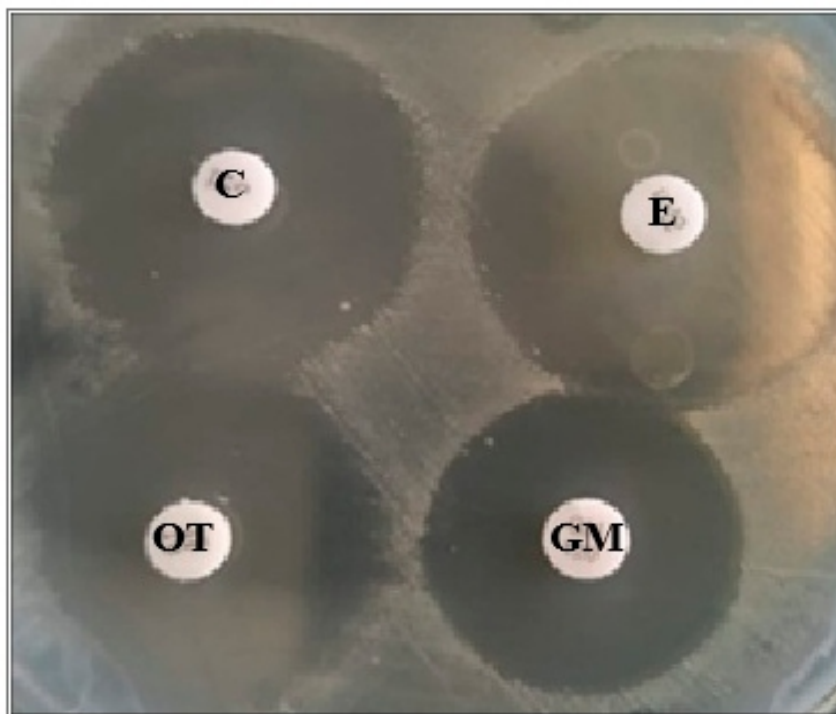


Figura 4. Halo de inhibición: C) Cloranfenicol; E) Eritromicina; OT) Oxitetraciclina; GM) Gentamicina

Tabla V. Sensibilidad antibiótica de bacterias con potencial probiótico frente a cuatro antibióticos

Antibióticos	$\mu\text{g/disc}$	Halo de inhibición (mm)		
		IM-011	IM-012	IM-013
Eritromicina	15	23.67 ± 0.57	25.17 ± 0.29	26.15 ± 0.27
Cloranfenicol	30	22.76 ± 0.36	21.15 ± 0.26	29.98 ± 0.32
Oxitetraciclina	30	21.32 ± 0.47	22.81 ± 0.31	31.63 ± 0.54
Gentamicina	120	23.19 ± 0.23	24.19 ± 0.17	26.33 ± 0.57
Sensible (S) > 20 mm				

Evaluación de la actividad antibacteriana mediante productos extracelulares (PECs) y contra bacterias patógenas

En la tabla VI, se observa que los productos extracelulares de los morfotipos seleccionados ejercieron un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de la cepa patógena *S. agalatae* en comparación con el control, demostrando que los aislados presentan potencial de actuar como agentes inhibidores frente a este tipo de patógeno y se perfilan como bacterias con potencial probiótico.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla VI. Análisis de Competitividad: Cepas Aisladas del Intestino Medio de Tilapia Nilotica (*O. niloticus*) frente a Cepa Patógena (*S. agalactiae*)

	Absorbancia (600nm)			
	0 horas	4 horas	8 horas	12 horas
IM-011 + <i>S. agalactiae</i>	0.502	0.478	0.480	0.482
IM-012 + <i>S. agalactiae</i>	0.477	0.469	0.490	0.483
IM-013 + <i>S. agalactiae</i>	0.470	0.510	0.499	0.495
Control (<i>S. agalactiae</i>)	0.527	0.641	0.852	0.96

Determinación de la actividad antibacteriana mediante la técnica de pozos en agar

En este ensayo, se determinó la capacidad inhibitoria de los productos extracelulares (PECs) derivados de las bacterias aisladas (IM-011, IM-012, IM-013) frente a *S. agalactiae*. Este efecto se visualizó mediante la formación de halos de inhibición alrededor de los pozos en el agar. Un halo de inhibición superior a 10 mm indica una alta capacidad de los morfotipos seleccionados para inhibir el crecimiento de *S. agalactiae*, lo que fortalece la evidencia de su impacto antimicrobiano, figura 5.

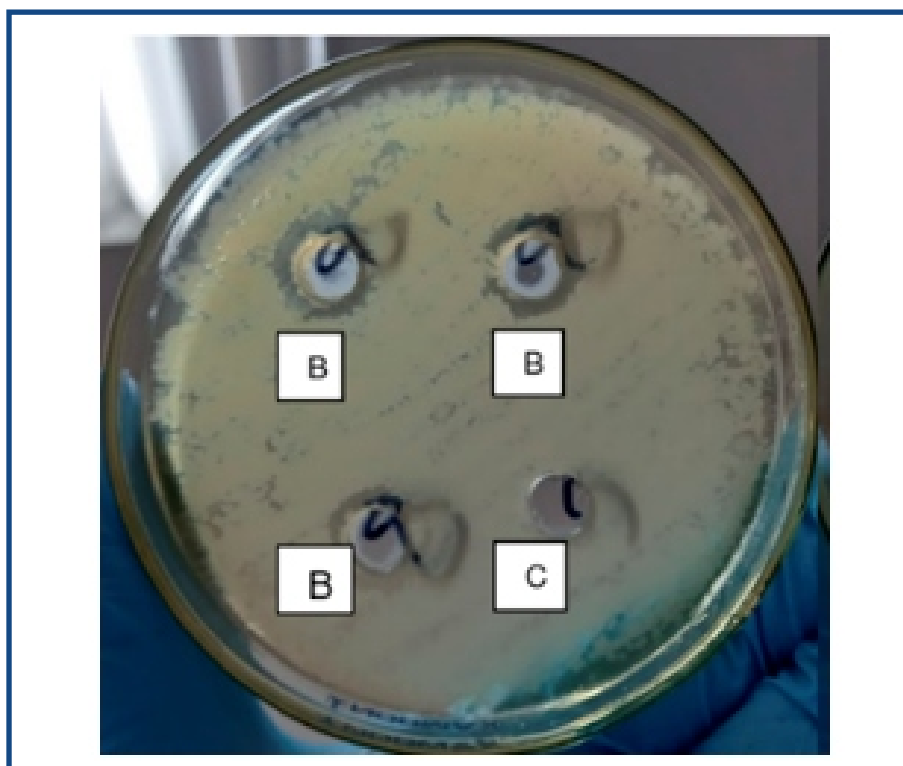


Figura 5. Determinación de la actividad antibacteriana mediante la técnica de pozos en agar frente a *S. agalactiae*. B: productos extracelulares (PECs) de los morfotipos IM-011; IM-012; IM-013, C: control (caldo TSB).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Ensayo de antagonismo

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). Esto indica que, por lo menos uno de los tratamientos establecidos produjo un efecto inhibitor sobre la bacteria patógena *S. agalactiae*. En la figura 6, se observa el diámetro del halo de inhibición obtenido con los tres morfotipos bacterianos: P1 = IM-011, P2 = IM-012 y P3 = IM-013. Los tratamientos correspondieron a las diferentes combinaciones entre la concentración del probiótico y la concentración de *S. agalactiae*: T1 (1×10^6 UFC mL^{-1} probiótico + 1×10^6 UFC mL^{-1} patógeno), T2 (1×10^7 UFC mL^{-1} probiótico + 1×10^6 UFC mL^{-1} patógeno), T3 (1×10^6 UFC mL^{-1} probiótico + 1×10^7 UFC mL^{-1} patógeno) y T4 (1×10^7 UFC mL^{-1} probiótico + 1×10^7 UFC mL^{-1} patógeno). El T2 con el morfotipo IM.012 (P2) presentó una mayor inhibición del patógeno, mientras que el T3 con el morfotipo IM-013 (P3) registró el menor diámetro del halo de inhibición con valores inferiores a 20 mm (círculo rojo).

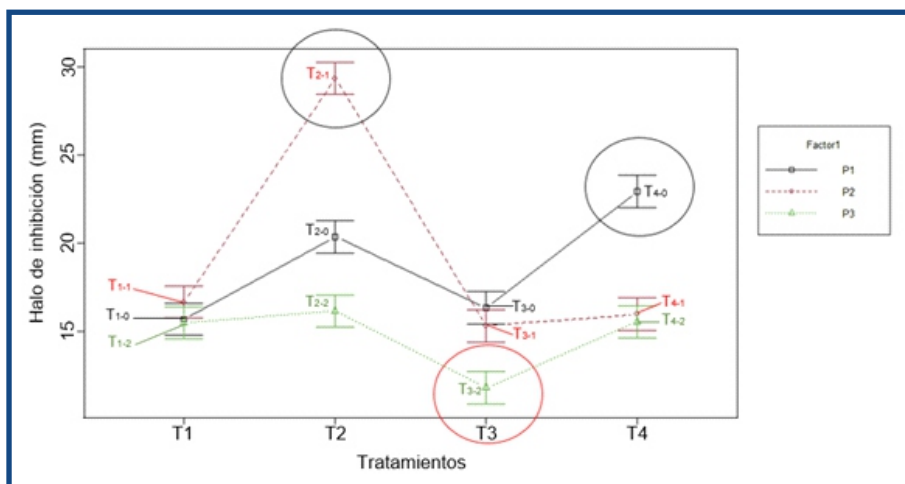


Figura 6. Representación de los factores y sus interacciones sobre la media del diámetro del halo

Cinética de crecimiento de los morfotipos aislados y bacteria patógena

En la figura 7, describe el comportamiento del crecimiento de los morfotipos IM-011, IM-012, IM-013 y *S. agalactiae*. La fase exponencial de los aislados inició aproximadamente a las tres horas de incubación. El aislado IM-011 presentó los valores de absorbancia más bajos, mientras que *S. agalactiae* mostró un incremento de absorbancia más prolongado antes de alcanzar la fase estacionaria.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

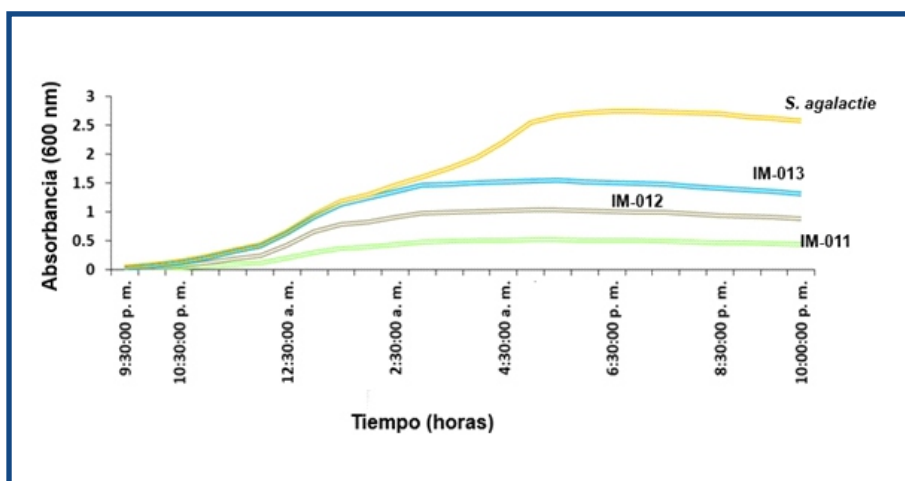


Figura 7. Cinética de crecimiento bacteriano de los morfotipos IM-011, IM-012, IM-013 y de *Streptococcus agalactiae*

Análisis de los extractos bacterianos

El análisis cromatográfico de los extractos extracelulares de los morfotipos (IM-011, IM-012 y IM-013) se presenta en la figura 8. Se detectó la presencia de ácido acético y ácido láctico en las muestras (IM-011, IM-012 y IM-013), indicando una composición química similar en términos de estos dos compuestos. La combinación de ácido acético y ácido láctico en las muestras presenta un punto positivo para el empleo de los morfotipos como posibles probióticos, lo anterior teniendo en cuenta que este tipo de ácidos generan inhibición en el crecimiento de bacterias patógenas.

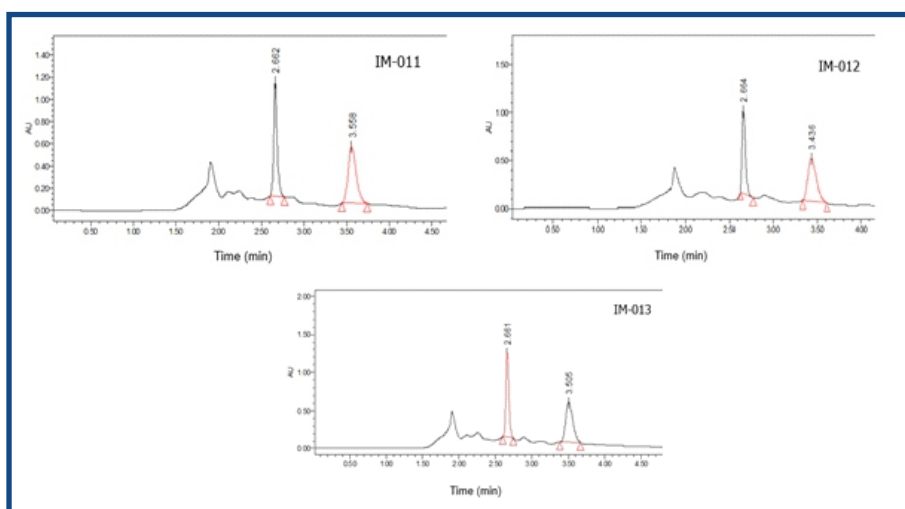


Figura 8. Cromatograma obtenido de un análisis con HPLC de PECs las muestras IM-011, IM-012 y IM-013



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Identificación molecular de las cepas seleccionadas

El resultado del secuenciamiento de los aislados probióticos comparado con la base de datos pública del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), muestra lo siguiente: IM-011 es identificado como *Bacillus cereus*, con un porcentaje de identidad del 93.37%; IM-012 como *Bacillus thuringiensis*, con un 93.4%; e IM-013 como *Brevibacterium casei*, con un 88.2% de identidad

► DISCUSIÓN

La selección de bacterias con potencial probiótico provenientes del tracto gastrointestinal de *O. niloticus* constituye una estrategia de creciente interés en acuicultura debido a la necesidad de reducir la dependencia de antibióticos y limitar la aparición de resistencia antimicrobiana en sistemas intensivos de producción. Diversos autores han señalado que el uso indiscriminado de antibióticos en la acuicultura favorece la selección de cepas resistentes y genera impactos ambientales y sanitarios relevantes (Serrano, 2005; Suzuki et al., 2017). En este contexto, los probióticos se han propuesto como una alternativa biológica orientada al control preventivo de enfermedades infecciosas (Defoirdt et al., 2011; Hai, 2015). Lo anterior adquiere especial importancia frente a *S. agalactiae*, agente etiológico ampliamente asociado a episodios de estreptococosis en tilapia y reconocido como una de las principales limitantes sanitarias de la acuicultura intensiva (Mian et al., 2009; Li et al., 2015; Zé Zhang, 2021). En Colombia, incluso, el ICA declaró una emergencia sanitaria por la presencia de *S. agalactiae* en sistemas productivos piscícolas (ICA, 2023), lo cual refuerza la pertinencia del presente estudio.

Los resultados obtenidos permitieron aislar y seleccionar morfotipos bacterianos con características compatibles con bacterias potencialmente probióticas, en particular cepas relacionadas con los géneros *Bacillus* y *Brevibacterium*. La predominancia de bacilos Gram positivos coincide con lo reportado por Martínez-Cruz et al. (2012) y Kaynar y Beyatli (2009), quienes describen que el género *Bacillus* representa uno de los grupos bacterianos más frecuentemente aislados



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



del intestino de peces debido a su elevada capacidad de adaptación fisiológica y formación de esporas. De manera similar, estudios previos en tilapia realizados por Ibargüen et al. (2019) y Palacios y Rivas (2019) reportaron la obtención de morfotipos con morfologías coloniales comparables a las observadas en este trabajo, incluyendo colonias convexas, circulares o irregulares, de tonalidades blancas o crema y características bacilares Gram positivas. En el presente estudio, la utilización de agar MacConkey como criterio de exclusión permitió descartar morfotipos con crecimiento compatible con bacterias Gram negativas potencialmente patógenas. Aunque este criterio no garantiza por sí mismo inocuidad biológica, sí constituye un filtro preliminar relevante considerando que numerosas bacterias Gram negativas multirresistentes representan actualmente un problema sanitario importante en sistemas acuáticos (Fariñas y Martínez-Martínez, 2013). En este sentido, la selección posterior de cepas Gram positivas buscó priorizar bacterias compatibles con perfiles fisiológicos históricamente asociados a aplicaciones probióticas en acuicultura.

La ausencia de actividad hemolítica observada en los nueve morfotipos seleccionados constituye uno de los principales criterios de seguridad descritos en la literatura para la evaluación preliminar de probióticos. Resultados similares fueron reportados por Palacios y Rivas (2019) y por Quevedo (2020), quienes encontraron hemólisis de tipo gamma en cepas aisladas de peces con potencial probiótico. Según Gutiérrez (2016), la ausencia de hemolisinas constituye un criterio deseable, ya que reduce la probabilidad de efectos patogénicos asociados al uso de bacterias vivas en organismos acuáticos. No obstante, aunque este resultado sugiere un perfil de seguridad favorable en condiciones *in vitro*, la ausencia de hemólisis no excluye por completo otros posibles factores de virulencia, particularmente en especies cercanas a grupos bacterianos con antecedentes clínicos descritos en otros hospedadores.

Respecto a la tolerancia a pH ácido, las cepas IM-011, IM-012 e IM-013 presentaron los mayores porcentajes de supervivencia bajo condiciones extremas de acidez. Estos resultados son concordantes con lo reportado por Quevedo (2020), quien seleccionó cepas resistentes a condiciones de estrés ácido como criterio de viabilidad probiótica. Del mismo modo,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Balcázar et al. (2008) señalaron que la tolerancia al pH ácido representa una característica funcional importante debido a la variabilidad fisiológica del tracto digestivo de tilapia, cuyos valores pueden oscilar entre pH 2.5 y 8. Las diferencias observadas entre morfotipos podrían estar asociadas a variaciones metabólicas relacionadas con la producción de ácidos orgánicos y mecanismos de regulación intracelular, tal como sugieren Estela et al. (2007) y Cueto-Vigil et al. (2010), Fimbres-Acedo et al. (2026). En contraste, Lucano (2011) reportó cepas aisladas de *Oncorhynchus mykiss* incapaces de sobrevivir a pH 2, lo que evidencia que la resistencia a condiciones ácidas no es uniforme entre las bacterias intestinales de peces y probablemente depende tanto de la especie hospedera como de las características fisiológicas de cada aislado bacteriano. Aun así, debe considerarse que la supervivencia observada en este estudio corresponde exclusivamente a condiciones *in vitro* y no necesariamente refleja la complejidad del ambiente gastrointestinal *in vivo*.

En cuanto a la sensibilidad antimicrobiana, los morfotipos seleccionados fueron sensibles a eritromicina, cloranfenicol, amoxicilina y gentamicina. Este hallazgo resulta relevante, dado que la resistencia antimicrobiana ha sido reconocida por la OMS como una de las principales amenazas para la salud pública global (OMS, 2021). Diversos autores han indicado que los probióticos destinados a aplicaciones acuícolas deben presentar sensibilidad a antibióticos para minimizar el riesgo de transferencia horizontal de genes de resistencia (Ferreira et al., 2001). Estudios realizados por Ibargüen et al. (2019) y Quevedo (2020) reportaron resultados similares, con sensibilidad frente a varios antibióticos de uso frecuente en acuicultura. No obstante, el hecho de que una cepa sea sensible en ensayos fenotípicos no descarta completamente la presencia de determinantes genéticos asociados a resistencia, por lo que análisis moleculares complementarios serían necesarios para evaluar este aspecto con mayor precisión.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio fue la actividad antagonista observada frente a *S. agalactiae* mediante productos extracelulares y ensayos de difusión en agar. Los halos de inhibición superiores a 20 mm, registrados principalmente para IM-011 e IM-012,

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

sugieren una importante capacidad inhibitoria en condiciones experimentales controladas. Resultados comparables fueron descritos por Haridas y Pillai (2019), quienes reportaron halos de inhibición de 26 mm producidos por cepas de *B. thuringiensis* frente a *Aeromonas hydrophila*, así como por Kuebutornye et al. (2019) y Nakharuthai et al. (2023), quienes documentaron actividad antagonista de *Bacillus spp.* frente a *S. agalactiae* y otros patógenos de peces. En este trabajo, la detección cromatográfica de ácido láctico y ácido acético coincide con lo descrito por Nayak (2010), Ibrahem (2015) y Tinh et al. (2008), quienes señalan que la producción de ácidos orgánicos constituye uno de los mecanismos más frecuentes mediante los cuales los probióticos limitan el crecimiento de bacterias patógenas. Sin embargo, el presente estudio no permite determinar si la inhibición observada depende exclusivamente de dichos compuestos o si intervienen mecanismos adicionales como producción de bacteriocinas, competencia por nutrientes o interferencia en sistemas de *quorum sensing*, mecanismos previamente descritos para bacterias del género *Bacillus* (Brown, 2011; Nayak, 2010; Avila-Castillo et al. 2026).

La mayor inhibición observada cuando las concentraciones probióticas superaron las del patógeno también coincide con lo señalado por Verschuere et al. (2000) y Hai (2015), quienes destacan que la competencia por nutrientes y espacio constituye un mecanismo ecológico fundamental en la actividad probiótica. En contraste, cuando la concentración de *S. agalactiae* fue elevada, la capacidad inhibitoria disminuyó, lo cual podría reflejar limitaciones competitivas bajo escenarios de alta carga bacteriana. Este comportamiento es consistente con estudios experimentales de infección realizados por Delannoy et al. (2014), Abuseliana et al. (2011) y Sukhavachana et al. (2019), donde altas concentraciones de *S. agalactiae* generaron elevadas tasas de mortalidad en tilapia. No obstante, los resultados del presente estudio deben interpretarse únicamente como evidencia de antagonismo *in vitro* y no como demostración directa de protección clínica frente a infección. La identificación molecular reveló afinidad de las cepas seleccionadas

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

con *Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis* y *Brevibacterium casei* (IM-011, IM-012 y IM-013, respectivamente). Estos hallazgos son parcialmente consistentes con reportes previos en los que especies del género *Bacillus* han sido aisladas del intestino de peces y evaluadas como probióticos potenciales (Kaynar y Beyatli, 2009; Soltani et al., 2019). Estudios han demostrado que las especies de *Bacillus* pueden producir metabolitos antimicrobianos, enzimas extracelulares y compuestos capaces de modular las respuestas inmunológicas en organismos acuáticos (Docando et al., 2021; Vine et al., 2006). En el caso específico de *Brevibacterium casei*, Kiran (2014) reportó la producción de polihidroxibutirato con actividad antiadhesiva frente a bacterias patógenas, lo que podría explicar parcialmente el efecto antagonista observado en IM-013. Sin embargo, debe señalarse que los porcentajes de identidad molecular obtenidos fueron moderados, particularmente para IM-013, por lo que la asignación taxonómica debe considerarse preliminar y requeriría análisis filogenéticos complementarios para su confirmación definitiva.

Esta investigación aporta evidencia sobre la existencia de bacterias autóctonas de *O. niloticus* con características compatibles con potencial probiótico y actividad antagonista frente a *S. agalactiae*. El principal aporte radica en la integración de criterios morfológicos, fisiológicos, antagonistas y moleculares para la selección de cepas provenientes del propio hospedero, un aspecto todavía limitado en sistemas acuícolas tropicales. Entre las fortalezas del estudio destaca el uso de múltiples pruebas de selección y la evaluación específica frente a un patógeno de alta relevancia sanitaria en tilapia. Sin embargo, las limitaciones incluyen el carácter exclusivamente *in vitro* de los ensayos, el número reducido de aislados seleccionados y la ausencia de validaciones funcionales *in vivo* relacionadas con colonización intestinal, respuesta inmune o desempeño zootécnico. Por ello, aunque los resultados sugieren un potencial biotecnológico promisorio, cualquier extrapolación hacia aplicaciones comerciales o sanitarias debe realizarse con cautela hasta contar con evaluaciones experimentales en organismos vivos y bajo condiciones productivas reales.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► CONCLUSIONES

En la presente investigación, las cepas *Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis* y *Brevibacterium casei* presentaron características compatibles con un potencial probiótico y una actividad antagonista *in vitro* frente a *S. agalactiae*. Se sugiere incluir en futuras investigaciones evaluaciones de seguridad a largo plazo, considerando los efectos sobre la función hepática, la integridad intestinal y/o el estrés oxidativo. Bajo el escenario de un experimento *in vivo*, se recomienda explorar la posibilidad de combinar consorcios probióticos, o también considerar prebióticos o microencapsular la cepa para mejorar su viabilidad durante el almacenamiento y la administración, tomando en cuenta que la eficacia probiótica es altamente sensible a la forma de suministro. Estas recomendaciones constituyen una guía para avanzar hacia la aplicación responsable y científica de probióticos bacterianos en acuicultura, fortaleciendo las estrategias de prevención sanitaria y sostenibilidad en la producción de tilapia nilótica.

► AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado con fondos del Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño. Los autores expresan su gratitud al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la misma universidad. Queremos expresar nuestro especial agradecimiento a los revisores anónimos que nos han ayudado a mejorar sustancialmente el manuscrito.

► LITERATURA CITADA

Abarra, S. T., Maulu, S., Odu-Onikosi, S. G., Momoh, T. A., Eynon, B., Emery, M., Rawling, M., & Merrifield, D. L. (2025). *In Vitro* and *In Vivo* evaluation of autochthonous probiotics and their effects on the mucosal health of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*, 15(22), 3296. doi: 10.3390/ani15223296.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Abd El-Ghany, W. A. (2024).** Applications of organic acids in poultry production: an updated and comprehensive review. *Agriculture*, 14(10), 1756. doi: 10.3390/agriculture14101756.
- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Nader, M. M., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., Soliman, S. M., & Khafaga, A. F. (2022).** Effect of environmental factors on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International journal of biometeorology*, 66(11), 2183-2194. doi: 10.1007/s00484-022-02347-6.
- Abuseliana, A. F., Daud, H. H. M., Aziz, S. A., Bejo, S. K., & Alsaid, M. (2011).** Pathogenicity of *Streptococcus agalactiae* isolated from a fish farm in Selangor to juvenile red tilapia (*Oreochromis sp.*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(7), 914-919. doi: 10.3923/javaa.2011.914.91.
- Aly, S. M., Abd-El-Rahman, A. M., John, G., & Mohamed, M. F. (2008).** Characterization of some bacteria isolated from *Oreochromis niloticus* and their potential use as probiotics. *Aquaculture*, 277(1), 1-6. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.021.
- Algammal, A. M., Mabrok, M., Almessiry, B. K., Atwah, B., Al-Otaibi, A. S., Mohamed, Y. S., Steele, S., Enany, M., Dayrit, G. B., Yousseff, F., & Hashem, M. E. A. (2025).** Unraveling the pathogenic potential, virulence traits, and antibiotic resistance genes of multidrug-resistant *Streptococcus agalactiae* strains retrieved from Nile tilapia. *BMC microbiology*, 25(1), 629. doi: 10.1186/s12866-025-04405-6.
- Anokyewaa, M. A., Wang, Z., Amenyogbe, E., Lu, Y., & Zhen, G. (2026).** Impacts of probiotics on microbial populations in aquaculture systems. *Microbial Ecology*, 89, 94. doi: 10.1007/s00248-026-02710-9.
- Arroyo, P. L. C., Hurtado, C. A. B., & Pérez, E. P. (2018).** Caracterización de microorganismos con potencial probiótico aislados de estiércol de terneros Brahman en Sucre, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2), 438-449. doi: 10.15381/rivep.v29i2.14482.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Avila-Castillo RA, Del Rio-Rodriguez RE, Soto-Rodriguez SA, Navarro-Flores J, Cu-Escamilla AD, Marrujo-Lopez FI, Aguilar-Rendon KG, Gomez-Solano MI.(2026)** Confirmed outbreaks of streptococcosis caused by *Streptococcus agalactiae* serotype ia in nile tilapia culture from Campeche, Mexico. *J Fish Dis.* 2026 Aug;49(8):e70159. doi: 10.1111/jfd.70159. Epub. Mar 17. PMID: 41844281.
- Balcázar, J. L., De Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Vendrell, D., Gironés, O., & Muzquiz, J. L. (2007).** Enhancement of the immune response and protection induced by probiotic lactic acid bacteria against furunculosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 51(1), 185-193. doi: 10.1111/j.1574-695X.2007.00294.x.
- Bertaglia, E. D. A., Furtado, W. E., Silva e Souza, Â. T., Fernandes, M. C., Pereira, S. A., Brasil, E. M., Pedreira, J. L., Tomas, G., & Martins, M. L. (2023).** Influence of seasonality and culture stage of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with monogenean parasitic infection. *Animals*, 13(9), 1525. doi: 10.3390/ani13091525.
- Bhatnagar, A., & Lamba, R. (2017).** Molecular characterization and dosage application of autochthonous potential probiotic bacteria in *Cirrhinus mrigala*. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 11(2), 46-56.
- Calcagnile, M., Tredici, S. M., & Alifano, P. (2024).** A comprehensive review on probiotics and their use in aquaculture: Biological control, efficacy, and safety through the genomics and wet methods. *Heliyon*, 10(24), e40892. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40892.
- Canosa, A. (2003).** Prácticas guías: Microbiología. Laboratorio de Microbiología, Facultad de Biología Marina, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Chakma, S., Barua, H., Akter, A., Afroze, S., Faisal, M., & Khan, M. N. A. (2025).** Isolation and identification of pathogenic bacteria present in commercially important fish, shellfish, water, and soil samples of Kaptai Lake, Bangladesh. *Environmental Microbiology Reports*, 17(6), e70252.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Chemlal-Kherraz, D., Sahnouni, F., Matallah-Boutiba, A. & Boutiba, Z. (2016).** El potencial probiótico de los lactobacilos aislados del intestino de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Africana de Biotecnología*, 11 (68), 13220–13227. doi:10.5897/ajb12.748
- Chizhayeva, A., Amangeldi, A., Oleinikova, Y., Alybaeva, A., & Sadanov, A. (2022).** Lactic acid bacteria as probiotics in sustainable development of aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 35, 10. doi: 10.1051/alr/2022011.
- Cueto-Vigil, M. C., Acuña-Monsalve, Y., & Valenzuela-Riaño, J. (2010).** *In vitro* evaluation of probiotic potential of lactic bacteria acid isolated from coastal serum. *Actualidades Biológicas*, 32(93), 129-138.
- Comité de ética en investigación. (2011).** Acuerdo 001 Por la cual se adiciona dos párrafos al artículo 9 del Acuerdo 001 de 2011. *UDENAR*. <https://www.udenar.edu.co/recursos/wp-content/uploads/2021/03/Anexo-9.-Reglamento-Comite-de-etica-1.pdf>.
- Coulibaly, W. H., Kouadio, N. G. R., Camara, F., Diguță, C., & Matei, F. (2023).** Functional properties of lactic acid bacteria isolated from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Ivory Coast. *BMC microbiology*, 23(1), 152. doi: 10.1186/s12866-023-02899-6.
- Elsegeny, S. R., Radwan, F. S., Elshamy, Y. M., Amer, S. M., Mohamed, R. A., Shokrak, N. M., & Abdella, B. (2025).** A comprehensive overview of probiotics in aquaculture: from efficacy evaluation to diverse applications. *Annals of Microbiology*, 75(1), 35. doi: 10.1186/s13213-025-01825-7.
- Fachri, M., Amoah, K., Huang, Y., Cai, J., Alfatat, A., Ndandala, C. B., Shija, V. M., Jin, X., Bissih, F., & Chen, H. (2024).** Probiotics and paraprobiotics in aquaculture: a sustainable strategy for enhancing fish growth, health and disease prevention-a review. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1499228. doi: 10.3389/fmars.2024.1499228.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Fimbres-Acedo YE, Maeda-Martínez AN, Garza-Torres R. (2025).** Tilapia diseases reported in Mexico: A Systematic Review. *J Fish Dis.* Jun;48(6):e14105. doi: 10.1111/jfd.14105. Epub 2025 Feb 22. PMID: 39985448.
- Fitriadi, R., Nurhafid, M., Palupi, M., Riady, R. M., Amin, M., & Sukardi, P. (2026).** Isolation and screening of probiotics candidates from the intestinal tracts of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 39(4), 789-799. doi: 10.33899/ijvs.2025.155405.4039.
- Guimarães, M. C., Cerezo, I. M., Fernandez-Alarcon, M. F., Natori, M. M., Sato, L. Y., Kato, C. A., Moriñigo, M.A., Tapia, S., Dias, S., Ishikawa, C. M., Ranzani, M. J., Cassiano, L. L., Bach, E. E., Clissa, P. B., Orefice, D. P., & Tachibana, L. (2022).** Oral administration of probiotics (*Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum*) in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) vaccinated and challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Fishes*, 7(4), 211. doi: 10.3390/fishes7040211.
- Haridas, D & Pillai, D. (2012).** Evaluation of quorum quenching and probiotic activity of *Bacillus thuringiensis* QQ17 isolated from fish culture pond. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(05):1634-1649. doi: 10.20546/ijcmas.2019.805.189
- Hoseinifar, S. H., Faheem, M., Liaqat, I., Van Doan, H., Ghosh, K., & Ringø, E. (2024).** Promising probiotic candidates for sustainable aquaculture: An updated review. *Animals*, 14(24), 3644. doi: 10.3390/ani14243644.
- Hosseinzadeh, M., Esfahani, D. E., Ahmadifar, E., Ahmadifar, M., Moghadam, M. S., Mohammadzadeh, S., & El-Haroun, E. (2025).** Improving health and disease resistance in common carp (*Cyprinus carpio*): The role of *Saccharomyces boulardii* and *Lactobacillus rhamnosus* and their combination. *Animal Feed Science and Technology*, 327, 116435. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116435.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Ibrahem, M. D. (2015).** Evolution of probiotics in aquatic world: Potential effects, the current status in Egypt and recent prospectives. *Journal of advanced research*, 6(6), 765-791. doi: 10.1016/j.jare.2013.12.004.
- Kuebutornye, F. K., Lu, Y., Abarike, E. D., Wang, Z., Li, Y., & Sakyi, M. E. (2020).** *In vitro* assessment of the probiotic characteristics of three *Bacillus* species from the gut of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 12(2), 412-424. doi: 10.1007/s12602-019-09562-5.
- Kumar, V., Roy, S., Meena, D. K., & Sarkar, U. K. (2016).** Application of probiotics in shrimp aquaculture: importance, mechanisms of action, and methods of administration. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(4), 342-368. doi: 10.1080/23308249.2016.1193841.
- Lalitha, N., Ambasankar, K., Thirugnanamurthy, S., Tomy, S., Suganya, P. N., Raja, R. A., Kumar, S., Nanthini, R., & Lunghar, O. (2025).** Effect of dietary supplementation of *Lactiplantibacillus plantarum* probiotics as functional feed additive in pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture International*, 33(5), 348. doi: 10.1007/s10499-025-02023-7.
- Lasik-Kurdyś, M., & Sip, A. (2019).** Evaluation of the antimicrobial activity of bacteriocin-like inhibitory substances of enological importance produced by *Oenococcus oeni* isolated from wine. *Eur Food Res Technol*, 245, 375-382. doi: https://doi.org/10.1007/s00217-018-3169-2.
- Macfaddin, J. F. (2003).** *Pruebas bioquímicas para identificación de bacterias de importancia clínica*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Medica Panamericana.
- Machnik, P., Biazar, N., & Schuster, S. (2023).** Recordings in an integrating central neuron reveal the mode of action of isoeugenol. *Communications Biology*, 6(1), 309. doi: 10.1038/s42003-023-04695-4.
- Mahmud, M. N., Ansary, A. A., Ritu, F. Y., Hasan, N. A., & Haque, M. M. (2025).** An Overview of fish disease diagnosis and treatment in aquaculture in Bangladesh. *Aquaculture Journal*, 5(4), 18. doi: 10.3390/aquacj5040018.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Matee, M. I. (2026).** A scoping review of antimicrobial use, residues, and resistance in African aquaculture: Evidence, gaps, and emerging interventions (2020–2025). *Bulletin of the National Research Centre*, 50(1), 16. doi: 10.1186/s42269-026-01399-7.
- Mahmoodian, S., Meimandipour, A., Faeed, M., Shamsara, M., Fatemi, S. S. A., Ghasemi, M., & Chaharmahali, M. (2025).** Dietary probiotic prototypes and their effects on growth performance, immune function, and gut microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Research in Veterinary Science*, 193, 105808. doi: [10.1016/j.rvsc.2025.105808](https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2025.105808).
- Ministerio de Salud de Colombia. (1993).** Resolución 8340: Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. *MinSalud*. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/biblioteca_digital/ride/de/dij/resolucion-8430-de-1993.pdf.
- Mohammed, E. A. H., Ahmed, A. E. M., Kovács, B., & Pál, K. (2025).** The significance of probiotics in aquaculture: a review of research trend and latest scientific findings. *Antibiotics*, 14(3), 242. doi: 10.3390/antibiotics14030242.
- Montero-Recalde, M., Vayas, L., Avilés-Esquivel, D., Pazmiño, P., & Erazo-Gutierrez, V. (2018).** Evaluation of two methods for measuring the sensitivity of growth inhibition of the certified *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* strain. 29(4), 1543-1547.
- Moustafa, E. M., Farrag, F. A., Dawood, M. A., Shahin, K., Hamza, A., Decamp, O., Mohamed, R., Elsabagh, M., Eltholth, M., & Omar, A. A. (2021).** Efficacy of *Bacillus* probiotic mixture on the immunological responses and histopathological changes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) challenged with *Streptococcus iniae*. *Aquaculture Research*, 52(5), 2205-2219. doi: 10.1111/are.15073.
- Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2015).** *Medical Microbiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Niveditha, D., Sethu, M., Rashid, M. N., Deepa, J., Sini, H., & Govindan, N. K. (2025).** Evaluation of the Probiotic Potential of *Bacillus velezensis* SNR14-4 Strain from Nile Tilapia Gills Using Genomic and *In Vitro* Approach. *Ars Pharmaceutica*, 66(2), 152-173. doi:10.30827/ars. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03402.x.
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (US). (2006).** Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests: Approved Standards. National Committee for Clinical Laboratory Standards.
- Newaj-Fyzul, A., Adesiyun, A. A., Mutani, A., Ramsubhag, A., Brunt, J., & Austin, B. (2007).** *Bacillus subtilis* AB1 controls *Aeromonas* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Journal of applied microbiology*, 103(5), 1699-1706. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03402.x.
- Ntakirutimana, R., Rahiman, K. M. M., Farhath, A. A., Lovejan, M., & Jijina, M. P. (2025).** From antibiotics to probiotics: Sustainable disease management in Nile tilapia aquaculture. *Advanced Gut & Microbiome Research*, 2025(1), 5144977. doi: 10.1155/agm3/5144977.
- Noguera Segura, C., & Villamil Díaz, L. M. (2009).** Aislamiento, identificación y valoración In vitro del potencial probiótico de cepas bacterianas nativas de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). [Tesis de Licenciatura, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorios Latinoamericanos. uchile.cl/handle/2250/2250693.
- Ortega Villota, L., & Fuertes Romero, K. (2015).** *Evaluación de bacterias con potencial probiótico en la alimentación de larvas de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en el Municipio de Tumaco* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Nariño]. Repositorio Institucional UDENAR. udenar.edu.co/1106/.
- Palacios Quintanilla, J. R., & Rivas Hernández, E. A. (2019).** *Aislamiento y caracterización de bacterias acidolácticas (BAL) obtenidas de Oreochromis niloticus (Tilapia) cultivadas en jaulas flotantes en el Lago de Ilopango El Salvador* [Tesis de Licenciatura, Universidad del Salvador]. Repositorio Institucional UES. ues.edu.sv.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Pereira, W. A., Mendonça, C. M. N., Urquiza, A. V., Marteinsson, V. P., LeBlanc, J. G., Cotter, P. D., Villalobos, F. E., Romero, J., & Oliveira, R. P. (2022). Use of probiotic bacteria and bacteriocins as an alternative to antibiotics in aquaculture. *Microorganisms*, 10(9), 1705. doi: 10.3390/microorganisms10091705.
- Rodicio, M., & del Carmen Mendoza, M. (2004). Identificación bacteriana mediante secuenciación del ARNr 16S: fundamento, metodología y aplicaciones en microbiología clínica. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 22(4), 238-245. doi: 10.1016/S0213-005X(04)73073-6.
- Rodríguez-Hernández, M. E., Martínez-Castellanos, G., López-Méndez, M. C., Reyes-Gonzalez, D., & González-Moreno, H. R. (2025). Production costs and growth performance of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive production systems: A review. *Sustainability*, 17(4), 1745. doi: 10.3390/su17041745.
- Rodríguez, L. M. Z. (2005). Aislamiento, identificación y conservación de cultivos de bacterias lácticas antagonistas de microbiota contaminante de sangre de matadero. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Girona]. Repositorio Institucional. dialnet.unirioja.es.
- Romanzini, G., & da Costa, C. P. (2023). Cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede: uma revisão de literatura. *JRG de Estudos Acadêmicos*, 6(13), 783-797. doi: 10.5281/zenodo.8039083.
- Roncando, C. S., & de Freitas, R. F. (2022). Supervivencia observada en tres familias de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) infectadas con *Streptococcus agalactiae*. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(3), 236-244. doi: 10.15446/rfmvz.v69n3.103804.
- Sanders, E. R. (2012). Aseptic laboratory techniques: Plating methods. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, (63), 3064. doi: 10.3791/3064.
- Shields, P., & Cathcart (2010). *Oxidase test protocol*. American Society for Microbiology.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

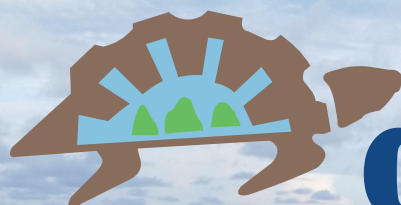


- Sudheesh, P. S., & Xu, H. S. (2001).** Pathogenicity of *Vibrio parahaemolyticus* in tiger prawn *Penaeus monodon* Fabricius: possible role of extracellular proteases. *Aquaculture*, 196(1-2), 37-46. doi: 10.1016/S0044-8486(00)00575-5.
- Szkop, M., & Bielawski, W. (2013).** A simple method for simultaneous RP-HPLC determination of indolic compounds related to bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 103(3), 683-691. doi: 10.1007/s10482-012-9838-4.
- Tayyab, M., Islam, W., Waqas, W., & Zhang, Y. (2025).** Probiotic–vaccine synergy in fish aquaculture: exploring microbiome-immune interactions for enhanced vaccine efficacy. *Biology*, 14(6), 629. doi: 10.3390/biology14060629.
- Võ, T. C., Võ, T. T. B., Mai, H. Đ., Bạch, A. B., Lê, T. H., & Võ, V. T. (2024).** Effects of dietary supplementation with probiotics on growth performance, gut health and disease resistance of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, 23(1), 88-99. doi: 10.52997/jad.SI1.08.2024.
- Vulla, K. E., Mmanda, F. P., Nyangoko, B. P., & Makule, E. E. (2024).** Unlocking potential benefits on applications of probiotics in inland aquaculture industry: A review. *Aquaculture, Fish and Fisheries*, 4(6), e70027. doi: 10.1002/aff2.70027.
- Xiong, J. B., Nie, L., & Chen, J. (2018).** Current understanding on the roles of gut microbiota in fish disease and immunity. *Zoological research*, 40(2), 70. doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2018.069.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

Helminths of the false herring, *Harengula clupei* (Cuvier) (Dorosomatidae) in Puerto Progreso, Yucatán

Helminths of the sardinita carapachona, *Harengula clupei* (Cuvier) (Dorosomatidae), in Puerto Progreso, Yucatán



1. Leopoldo Andrade-Gómez



0000-0003-4535-3902

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Merida), Yucatán, México.

Corresponding author: leopoldo@enesmerida.unam.mx



2. Uriel Navarrete-García



0009-0004-7953-882X

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Merida), Yucatán, México.



3. Alfredo Gallardo-Torres



0000-0003-4240-0304

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias (Unidad Sisal), Yucatán, México.



4. Maribel Badillo Alemán



0009-0000-1046-6363

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias (Unidad Sisal), Yucatán, México.



5. Gerardo Pérez-Ponce de León



0000-0001-6472-5113

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Merida), Yucatán, México.

**Helminths of the false herring, *Harengula clupei* (Cuvier) (Dorosomatidae)
in Puerto Progreso, Yucatán**

**Helmintos de la sardinita carapachona, *Harengula clupei* (Cuvier) (Dorosomatidae),
en Puerto Progreso, Yucatán**

► **ABSTRACT**

The false herring, *Harengula clupei* Cuvier, is distributed across the subtropical zone of the Western Atlantic coast. The species possesses a low commercial value and is captured mostly as bait. To date, 14 helminth species have been recorded for the false herring, including nine trematodes, three monogeneans, and two nematodes. However, information about the helminth fauna of *H. clupei* in the Yucatán Peninsula, Mexico is null. The aim of the present study was to determine the species composition of the helminth fauna of *H. clupei* from Puerto Progreso, Yucatán, sampled throughout a year using molecular and morphological data, and to estimate infection parameters. In total, 1,623 helminth specimens were recovered from *H. clupei* representing 14 taxa (two monogeneans, seven trematodes, two cestodes, and three nematodes). Ten helminth taxa are reported for the first time, including five trematodes, *Bucephalus margaritae*, *Saccularina* sp., *Tergestia* sp., *Renicolidae* gen. sp., and *Allopoistholecithum magaliae*; the monogenean *Pseudanthocotyloides* sp.; two nematodes, *Contracaecum rudolphii* and *Pseudoterranova* sp.; and the cestodes, *Anthobothrium* sp. and *Callitetrarhynchus gracilis*. This raises the number to 24 taxa. *Pseudobacciger manteri* and *Cribomazocraes travassosi* are sequenced for the first time. The information generated in this study will also be useful for further studies of parasites as bioindicators of ecosystem health and of the role of parasites in marine food webs.

Keywords: Parasite, Biodiversity, Mexico, Gulf of Mexico, DNA, Taxonomy



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESUMEN

La sardinita carapachona, *Harengula clupeiola* Cuvier se distribuye en la zona subtropical de la costa del Atlántico occidental; tiene escaso valor comercial, pues se captura principalmente como carnada. Hasta ahora se han identificado 14 especies de helmintos en *H. clupeiola*, incluidas nueve trematodos, tres monogeneos y dos nematodos. Sin embargo, no existe información disponible sobre la helmintofauna de *H. clupeiola* en la península de Yucatán, México. El objetivo del presente estudio fue analizar ejemplares de *H. clupeiola* en Puerto Progreso, Yucatán, colectados durante un año, para determinar la helmintofauna utilizando datos moleculares y morfológicos y estimar parámetros ecológicos de las infecciones. En total se recolectaron 1, 623 ejemplares de helmintos de *H. clupeiola* en Progreso, Yucatán, México, representando 14 taxa, incluyendo dos monogeneos, siete trematodos, dos cestodos y tres nematodos. Se reportan 10 taxa por primera vez, con cinco trematodos, *Bucephalus margaritae*, *Saccularina* sp., *Tergestia* sp., *Renicolidae* gen. sp., y *Alloopistholecithum magaliae*; el monogeneo *Pseudanthocotyloides* sp.; dos nematodos, *Contracaecum rudolphii* y *Pseudoterranova* sp.; y los cestodos, *Anthobothrium* sp., y *Callitetrarhynchus gracilis*, incrementando el número a 24. *Pseudobacciger manteri* y *Cribomazocraes travassosi* se secuencian por primera vez. La información resultará útil para futuros estudios sobre los parásitos como bioindicadores de la salud del ecosistema, y sobre el papel de los parásitos en las redes tróficas de los ambientes marinos.

Palabras clave: Parásitos, Biodiversidad, México, Golfo de México, ADN, Taxonomía



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► INTRODUCTION

The false herring, *Harengula clupeiola* (Cuvier, 1829), is a clupeiform of the family Dorosomatidae, and its distribution spans across the subtropical zone of the Western Atlantic coast, from southeastern Florida in the USA to northern Brazil (Froese and Pauly, 2026). This species feeds primarily on small crustaceans such as calanoid copepods (e.g.,

Calanus finmarchicus), other small crustaceans, krill (euphausiids), and fish larvae. The false herring possesses a relatively low commercial value since it is not highly appreciated by local consumers and is captured mostly as bait for fishing larger fish (Froese and Pauly, 2026). Some studies have addressed the helminth parasite fauna of *H. clupeiola* across its distributional range. A few isolated records were published in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea (Linton, 1910; Manter, 1934; 1947; Nahhas and Cable, 1964; Overstreet et al., 2009). However, most records of the parasites of the false herring were reported in Brazil (Kohn and Fernandes, 2016; Santos et al., 2016; Luque et al., 2000; Pantoja and Kudlai, 2022). To date, 14 helminth species have been found infecting the false herring, including nine trematodes, three monogeneans, and two nematodes (**Table I**). However, information on the helminth fauna of *H. clupeiola* in the Yucatán Peninsula, Mexico is lacking. The aim of the present study was to study specimens of *H. clupeiola* from the northern coast of the Yucatán Peninsula, in Puerto Progreso, Yucatán, to determine the species composition of the helminth fauna by using a combination of molecular and morphological data, and to estimate the prevalence and mean intensity of infection for each parasite species.

Table I. Helminths reported in *Harengula clupeiola* across its distributional range. GoM= Gulf of Mexico

Taxa	Locality	Reference
Trematoda		
<i>Brachyphallus parvus</i> (Manter, 1947) Skrjabin & Guschanskaja, 1955	GoM	Manter, 1947
<i>Dinosoma clupeiola</i> Fernandes & Goulart, 1989	Brazil	Fernandes and Goulart, 1989
<i>Ectenurus virgula</i> Linton, 1910	GoM	Linton, 1910; Overstreet et al., 2009
<i>Lecithochirium floridense</i> (Manter, 1934) Crowcroft, 1946	GoM	Manter, 1934
<i>Myosaccium ecaude</i> Montgomery, 1957	Brazil	Luque et al., 2000
<i>Myosaccium opisthonemae</i> (Siddiqui & Cable, 1960) Overstreet, 1969	Brazil	Kohn, et al., 2007; Amato, 1983; Kohn and Fernandes, 2016
<i>Parahemiurus merus</i> (Linton, 1910) Manter, 1940	GoM; Brazil	Linton, 1910; Luque et al., 2000; Pantoja and Kudlai, 2022; Kohn and Fernandes, 2016; Overstreet et al., 2009
<i>Pseudobacciger manteri</i> Nahhas & Cable, 1964	Canadá, Jamaica, Curazao	Nahhas and Cable, 1964; Manter, 1947; Margolis and Ching, 1965
<i>Pseudobacciger harengulae</i> (Yamaguti, 1938) Nahhas & Cable, 1964	GoM; Panama	Sogandares-Bernal, 1959; Overstreet et al., 2009



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Monogenea

(Polyposthycotylea)

Cribromazocraes travassosi
Santos & Kohn, 1992

Brazil

Luque et al., 2000

Mazocraeoides georgei Prince
1936

Brazil

Luque et al., 2000

Mazocraeoides opisthonema
Hargis, 1955

Brazil

Luque et al., 2000; Kohn and Santos, 1988

Nematoda

Hysterothylacium fortalezae
(Klein, 1973) Deardorff &
Overstreet, 1981

Brazil;
GoM

Santos et al., 2016

Ichthyascaris vicentei (Santos,
1970) Bruce, 1990

Brazil

Santos et al., 2016; Luque et al. 2000

► MATERIALS AND METHODS

Host and parasite collection

Seventy-one specimens of *H. clupeiola* (TL=4-15.3 cm) were sampled in Puerto Progreso, Yucatán (21°17'16.86"N; 89°39'56.88"W) between September 2023 and June 2024. Specimens of false herrings were obtained from commercial capture; local fishermen use a trawl net to catch false herrings to be used as bait for pelagic fishes in the locality. Individual false herring were kept alive until necropsied. Fish were identified following Gallardo-Torres et al. (2014) and euthanized by spinal severance (pithing), a procedure accepted by the American Veterinary Medical Association (AVMA, 2020). The parasitological survey included the examination of the external surface. The internal organs were then removed from the body cavity, separated in Petri dishes with 0.85% saline, and examined under a stereomicroscope. All recovered helminths were fixed in nearly boiling 0.85% saline solution and transferred to vials with 100% ethanol.

Trematodes and monogeneans were stained with Mayer's paracarmine and mounted on permanent slides with Canada balsam. Nematodes were cleared with 50% glycerol in semi-permanent slides (Lamothe-Argumedo, 1997). Mounted specimens were examined under a bright-field Motic BA210 microscope (Motic, Kowloon, Hong Kong). Photomicrographs were taken using Motic Images Plus 3.1 microscope software (Motic). Voucher specimens were deposited at the Colección



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Nacional de Helminths (CNHE), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City. Finally, the prevalence, mean intensity, and intensity range of the infection were estimated following Bush et al. (1997).

Molecular analysis

Twenty-one individual helminths were processed for molecular analyses to corroborate the morphological identification; in some cases, such as the larval cestodes, molecular data was used to accomplish the species identification. Genomic DNA was isolated following the protocol of Andrade-Gómez et al. (2023). The D1-D3 domains of the 28S rRNA were amplified by Polymerase Chain Reaction (PCR) using the primers 391 (5'-AGCGGAGGAAAAGAACTAA-3') and 536 (5'-CAGCTATCCT GAGGGAAAC-3') (García-Varela and Nadler, 2005). Amplification and sequencing protocols followed Andrade-Gómez et al. (2026). Sequences obtained in this study were deposited in GenBank. Molecular identification was initially tested through a BLAST search (Basic Local Alignment Search Tool) at NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).

To achieve species-level designation, we used an arbitrary sequence identity threshold of $\geq 99\%$ for the 28S rRNA gene. For helminth taxa not identified to species level based on the BLAST search, we built phylogenetic trees to determine their phylogenetic position relative to other members of their families. Five datasets were constructed separately; four corresponded to trematodes of the families Faustulidae Poche, 1926, Renicolidae Dollfus, 1939, Didymozoidae Monticelli, 1888, and Fellodistomidae Nicoll, 1909, and one corresponded to the monogenean Mazocreadidae. The jModel Test version 0.1.1 program (Posada, 2008) was used to calculate the best-fit model of molecular evolution for each dataset using the Akaike information criterion (AIC). The phylogenetic analyses were performed using maximum likelihood (ML) in IQ-TREE v. 2.4 with 10,000 bootstrap replicates (Minh et al., 2020). Trees were drawn using FigTree v.1.3.1 (Rambaut, 2012).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTS

A total of 1, 623 specimens of helminth parasites were recovered from *H. clupeola* in Puerto Progreso, Yucatán, Mexico. These specimens represented 14 taxa, including two monogeneans, seven trematodes, two cestodes, and three nematodes. Overall, the helminth fauna contained two ectoparasites and 12 endoparasites; for five of the 14 taxa, *H. clupeola* is the definitive host since they are adult worms, whereas for the remaining nine taxa, the host acts as their intermediate host because they are larval forms. Eight taxa were identified to species level using a combination of molecular and morphological data (**Table II**). The sequence of two species, i.e., *Pseudobacciger manteri* and *Cribomazocraes travassosi* is provided for the first time.

Table II. Helminth species of *Harengula clupeola* in Puerto Progreso, Yucatán; GB Accession; BLAST ID with GB identity as a percentage (%), Developmental Stage (DE), Infection Site. GB=GenBank. CNHE accession number.

	GB Accession 28S	BLAST ID	GB Identity	%	DE	Infection Site	CNHE
Trematoda							
<i>Bucephalus margaritae</i>	PZ670799	<i>B. margaritae</i>	KT273395	99.6	Metacercariae	Mesentery	
<i>Allopoisthocythum magaliae</i>	PZ670800-01	<i>Allopoisthocythum magaliae</i>	PX648549	99.8	Adult	Intestine	12632
<i>Parahemisthus merus</i>	PZ670802-03	<i>P. merus</i>	PP919653	100	Adult	Intestine	12633
<i>Pseudobacciger manteri</i>	PZ670804-05	<i>Bacciger bacciger</i>	KJ648919	98.5	Adult	Intestine	12634
Renicolidae gen. sp.	PZ670806-07	Renicolidae sp.	AF184249	93.2	Metacercariae	Mesentery	
<i>Saccularina</i> sp.	PZ670808-09	<i>Saccularina</i> sp.	PP666254	95.4	Metacercariae	Mesentery	
<i>Terestia</i> sp.	PZ670810-11	<i>T. henryi</i>	MF155628	98.7	Metacercariae	Mesentery	
Monogenea							
<i>Pseudanthocotylodes</i> sp.	PZ670812-13	<i>Pseudanthocotylodes mamaevi</i>	LC860879	98.7	Adult	Gills	12635
<i>Cribomazocraes travassosi</i>	PZ670814	<i>Kuhnina scombr</i>	MT508780	89.1	Adult	Gills	12636
Cestoda							
<i>Anthobothrium</i> sp.	PZ670815	<i>Anthobothrium</i> sp.	GQ470164	99.5	Larvae	Mesentery	12637
<i>Callitetrarhynchus gracilis</i>	PZ670816	<i>C. gracilis</i>	PQ227150	100	Larvae	Mesentery	12638
Nematoda							
<i>Contracaecum rudolphii</i>	PZ670817	<i>C. rudolphii</i> A	AF226585	99.9	Larvae	Mesentery	
<i>Hysterothylacium fortalezae</i>	PZ670818	<i>H. fortalezae</i>	KX098564	100	Larvae	Mesentery	12639
<i>Pseudoterranova</i> sp.	PZ670819	<i>Pseudoterranova</i> sp.	JQ951961	100	Larvae	Mesentery	

For five taxa, since the BLAST search was not conclusive, and no morphological traits were observed to achieve the species identification, phylogenetic trees were built (**Figures 1 and 2**). Figure 1 depicts the phylogenetic relationships among members of the families Renicolidae, Didymozoidae, and Fellodistomidae. The two newly sequenced individuals of Renicolidae gen. sp. were identical and formed an independent clade with strong nodal support; these sequences did not correspond to any identified species of the family for which sequences are available; however, these new sequences were yielded as the sister



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

group of Renicolidae sp. (AF184249), which represents a sequence obtained from a cercariae released by the snail *Cerithium vulgatum* in the Mediterranean Sea (**Figure 1A**). Two identical sequences of the didymozoid *Saccularina* sp. were obtained and formed an independent clade with strong nodal support. The sequenced individuals were nested with *Saccularina* sp. (PP666254) reported as metacercariae from the scallop *Argopecten irradians* in North Carolina (**Figure 1B**). Finally, two identical sequences of the metacercariae of *Tergestia* sp. were also obtained and formed an independent clade with strong nodal support. These two new sequences were nested as the sister group of *Tergestia henryi* (MF155628) from the carangid *Pantolabus radiatus* in Australia (**Figure 1C**), although they do not correspond to that species because of the genetic divergence of 1.3% for the 28S rRNA gene (see **Table II**).

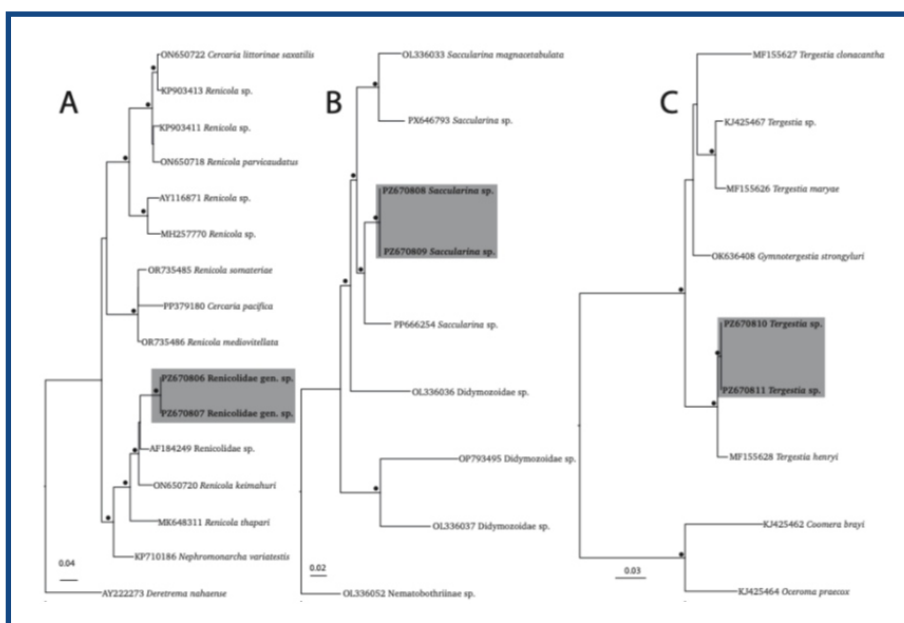


Figure 1. Maximum Likelihood trees showing the phylogenetic position of larval forms helminths of *H. clupeola* from Puerto Progreso, Yucatán, Mexico. A) Renicolidae; B) Didymozoidae; C) Fellodistomidae inferred with 28S rDNA. Bootstrap support values >80 is indicated (*). Scale-bar= number of nucleotide substitutions per site.

In contrast, **Figure 2** depicts the phylogenetic position of two adult forms; the two new sequences of the member of the Faustulidae which was morphologically identified as *Pseudobaciger manteri*, were identical and nested as the sister species of a clade containing *Bacciger bacciger* (OQ438911) from the clam *Ruditapes philippinarum* in Korea

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

+ *Pseudobacciger cheneyae* (KJ648919) from the pomacentrid *Chromis weberi* in Australia, with strong nodal support (**Figure 2A**). Finally, the three new sequences of the mazocreadoid monogeneans formed two independent clades (**Figure 2B**). One sequence corresponded morphologically to *Cribomazocraes travassosi* and nested as the sister species of a clade containing three species of *Mazocraeoides*, albeit with low nodal support values. The other two sequences, identified as belonging to *Pseudanthocotyloides* nested as the sister group of *Pseudanthocotyloides mamaevi* (LC860879) from the engraulid *Engraulis japonicus* from Japan, but with a genetic divergence of 1.3% for the 28S rRNA gene.

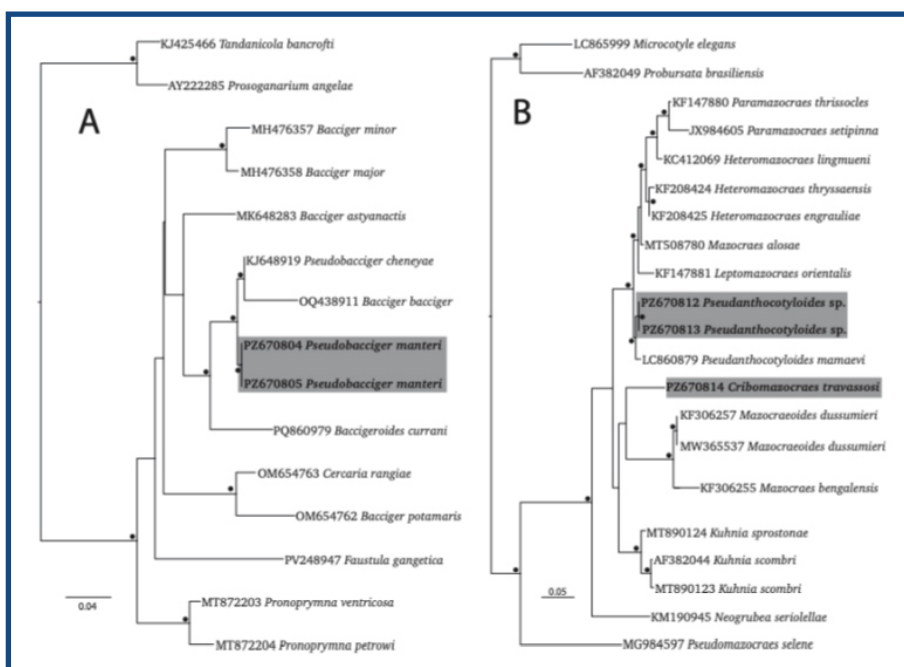


Figure 2. Maximum Likelihood trees showing the phylogenetic position of adult forms helminths of *H. clupeola* from Puerto Progreso, Yucatán, Mexico. A) Faustulidae; B) Mazocreadidae inferred with 28S rDNA. Bootstrap support values >80 is indicated (*). Scale-bar= number of nucleotide substitutions per site.

In terms of the host association, the results indicate that four helminth taxa, i.e., *Parahemiurus merus*, *Saccularina* sp., *Cribomazocraes travassosi* and *Pseudoacanthocotyloides* sp., were found parasitizing *H. clupeola* along the sampling period (**Table III**). In particular, the trematode *P. merus*, and the monogenean *Pseudoacanthocotyloides* sp. were the helminths most commonly found, since they reached the

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

highest prevalence of infection values (74.6% and 47.9% throughout the sampling period, respectively). *Parahemiurus merus* exhibited mean intensity values 16.3 individuals per parasitized host, whereas *Pseudoacanthocotyloides* sp. reached mean intensity values 7.7 specimens per infected host. In contrast, *B. margaritae* and *Anthobothrium* sp. were the helminths with the lowest prevalence and mean intensity values (Table III).

Table III. Infection parameters of *Harengula clupei* sampled in Puerto Progreso, Yucatán, Mexico. Total host length mean = 8.9 cm.

	Prevalence (%)	Mean Intensity	Intensity range	No. of Parasites
Trematoda				
<i>Bucephalus margaritae</i>	1.4	3	3	3
<i>Allopoisthocythum magaliae</i>	18.3	1.9	1-3	25
<i>Parahemiurus merus</i>	74.6	16.3	1-51	869
<i>Pseudobacciger manteri</i>	25.4	16.2	2-78	293
<i>Renicolidae</i> gen. sp.	16.9	7	2-25	84
<i>Saccularina</i> sp.	23.9	2.1	1-4	38
<i>Tergestia</i> sp.	2.8	2.5	1-4	5
Monogenea				
<i>Pseudanthocotyloides</i> sp.	47.9	7.7	1-35	264
<i>Cribromazocraes travassosi</i>	11.3	1.25	1-2	10
Cestoda				
<i>Anthobothrium</i> sp.	1.4	3	3	3
<i>Callitetrarhynchus gracilis</i>	8.5	2	1-4	12
Nematoda				
<i>Contracaecum rudolphii</i>	4.2	2	1-3	6
<i>Hysterothylacium fortalezae</i>	4.2	2.6	1-5	8
<i>Pseudoterranova</i> sp.	7	1	1	5

DISCUSSION

Previous to this study, the checklist of the helminth parasites of the false herring (*H. clupei*) included 14 taxa across its distributional range (see **Table I**). In the present study, 14 taxa were also reported; however, only four of them coincide with previous records. In consequence, 10 helminth taxa are reported for the first time for the false herring, raising the number to 24. The new records reported in the present study comprise four larval trematodes, i.e., *Bucephalus margaritae*, *Saccularina* sp., *Tergestia* sp., and one identified up to family level, *Renicolidae* gen. sp., and one adult trematode, *Allopoisthocythum magaliae*; the monogenean *Pseudanthocotyloides* sp.; two larval nematodes, *Contracaecum rudolphii* and *Pseudoterranova* sp.; and



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

finally, the larval tetraphyllidean *Anthobothrium* sp., and the larval lacistorhynchid *Callitetrarhynchus gracilis*. The first record of *A. magaliae* in a clupeiform in the Gulf of Mexico is interesting because it was described from the atherinopsid *Odontesthes bonariensis* in Argentina (Montes et al., 2026); even though this host is an inhabitant of freshwater and coastal lagoons in South America, the identity percentage through the 28S (99.8%) unequivocally shows they are conspecific; the distributional range of the species is increased in this study. We cannot currently explain the presence of this species in *H. clupeola*.

Eight of the 14 helminths recorded in the present study were identified at species level using an integrative taxonomy approach (see **Table II**). Six of the eight species were identified to species level through the BLAST analyses, including four larval stages, i.e., *B. margaritae*, *C. gracilis*, *C. rudolphii*, and *H. fortalezae*. This remarks the importance of the use of molecular data in the identification of larval forms of helminths by increasing the possibility to link these forms with adults previously identified to species level and sequenced for some molecular marker, although this tool is also useful also for adults as previous studies have recently addressed (Grano-Maldonado et al., 2023; Espínola-Novelo et al., 2023, 2025; Andrade-Gómez et al., 2026).

Furthermore, two of the 14 species, the adult worms, *P. manteri* and *C. travassosi*, were identified using morphological as well as host association and distribution characteristics because the BLAST analyses were not conclusive and showed a moderate to low identity percentage with *Bacciger bacciger* (98.5%) and *Kuhnia scomбри* (89.1%), respectively. For instance, the faustulid trematode *P. manteri* was described from *H. clupeola* in the Caribbean (Jamaica) by Nahhas and Cable (1964) and also reported in the same host by Manter (1947) in Florida. Morphologically, our specimens are very similar. Moreover, the monogenean *C. travassosi* was also described from *H. clupeola* and was first found off Rio de Janeiro, Brazil by Santos and Kohn (1992), but later reported in the engraulid *Cetengraulis edentulus* in the same locality and in the dorosomatid *Opisthonema libertate* in the Gulf of California, although it was reported as *Cribomazocraes* cf. *travassosi* (López-Moreno et al., 2023). The record of *C. travassosi* from the Gulf of

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



California, on the northeast Pacific coast of Mexico is doubtful and requires further verification and ideally, gathering sequence data for comparison. The individuals identified as *P. manteri* and *C. travassosi* closely resemble morphologically with the original descriptions of these species and they were sampled from the same host species, within an overall similar geographical region on the western Atlantic coast. The 28S DNA sequences of *P. manteri* and *C. travassosi* are reported herein for the first time.

One of the adults recovered from the false herring was the mazocraeidid monogenean *Pseudanthocotyloides* sp., although it was not identified to species level. The phylogenetic tree unequivocally showed that the newly generated sequence was nested as the sister species of *P. mamaevi* (LC860879) from the engraulid *Engraulis japonicus* in Japan (Nitta, 2026). The genus *Pseudanthocotyloides* currently contains four species apparently specific to clupeiform fishes (Nitta, 2026). The remaining three species are *P. heterocotyle* (Van Beneden, 1871) reported in two clupeiforms from the Mediterranean and also from off the coast of Brazil (Euzet and Prost, 1969; Kohn et al., 1992); *P. banghami* Price, 1958 from the freshwater dorosomatid *Dorosoma cepedianum* in USA (Price, 1958); and *P. dossae* Caballero & Bravo-Hollis, 1965 from the engraulid *Anchoa hepsetus* in the Gulf of Mexico (Caballero & Bravo-Hollis, 1965). Based on these data, our specimens could be conspecific with *P. dossae* because both species parasitize clupeiform fishes in the Gulf of Mexico. However, *P. dossae* is morphologically readily distinguished from the specimens sampled from *H. clupeola* in the present study; for example, the haptor in the newly sampled specimens is smaller than that of *P. dossae* (Caballero and Bravo-Hollis, 1965). Most likely, the specimens of *Pseudanthocotyloides* herein reported may represent an undescribed species; unfortunately, the quality of the collected material prevents further detailed taxonomic work.

One of the adults characterized molecularly and morphologically was the trematode *Parahemiurus merus*. The sequence is identical to that reported by Espínola-Novelo et al. (2025) from a fundulid in coastal lagoons of Yucatán. This species apparently possesses a global



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



distribution and has been reported from more than 150 host species according to WoRMS (2026a). Linton (1910) described it from a clupeiform (*Chupanodon pseudohispanicus* = *Sardinella aurita*) from Tortugas, Florida, in the Gulf of Mexico. It might be assumed to be a common parasite of clupeiformes, but current data on host association and distribution do not support that conclusion. A detailed genetic study across its geographic range is needed to determine whether this represents a single species or a species complex. However, only a few studies have reported sequence data of *P. merus* (Pantoja and Kudlai, 2022; Espínola-Novelo et al., 2025). The fact that this was the species most commonly found and most abundant in *H. clupeola* in Yucatán (see Table III) indicates a close association between the trematode and this clupeiform species.

Overall, the helminth species that reached the highest prevalence and mean intensity of infection in the sample were the trematodes *Parahemiurus merus*, *Pseudobacciger manteri*, and the monogenean *Pseudanthocotyloides* sp. (Table III). This is probably because these taxa are common parasites of clupeiformes. For example, the four species of *Pseudanthocotyloides* have only been recorded as parasites of clupeiformes (Nitta, 2026), whereas the species *Pseudobacciger manteri* is a parasite of the same host species (Manter, 1947; Nahhas and Cable, 1964).

Furthermore, nine of the 14 helminth species reported in this study are larval forms which indicate the role of this small-bodied fish in the food webs of the marine ecosystem. The larval forms infecting the false herring in Yucatán complete their life cycle when they are consumed by other vertebrates. Three trematodes (*B. margaritae*, *Saccularina* sp., and *Tergestia* sp.) and one nematode, *H. fortalezae* require a larger fish to complete their life cycle (Deardorff and Overstreet, 1980; Costa-Marchiori et al., 2010; Andres et al., 2016; Wee et al., 2017; Louvard et al., 2022), whereas the two cestodes (*Anthobothrium* sp., and *C. gracilis*) are parasites of elasmobranchs such as sharks and rays (Jensen and Bullard, 2010; Menezes et al., 2018). Particularly, *C. gracilis* has also been reported infecting the muscle of *Sardinella brasiliensis* in Brazil



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

which is a member of the Dorosomatidae (Menezes et al., 2018). Apparently, there is a strong association of the lacistorhynchid *C. gracilis* with clupeiformes (Dorosomatidae) as intermediate hosts, and this tapeworm is widely distributed since it has been sampled as an adult or metacestode in several host species from the Mediterranean, Gulf of Mexico, and southwestern Atlantic (WoRMS, 2026b). The unidentified trematode of the family Renicolidae and the nematode *C. rudolphii* complete their life cycle when false herrings are eaten by fish-eating birds. For instance, *C. rudolphii* has been widely recorded in several fish-eating birds belonging to different families (Dziekońska-Rynko and Rokicki, 2007). This parasite uses a broad range of fish as intermediate hosts, including both commercial and non-commercial fish, as reported for the Gulf of Mexico by González-Morales et al. (2023). In general, renicolid trematodes complete their life cycle in fish-eating birds (Gibson, 2008).

As a side note, two species may have zoonotic importance: Raphidascarididae (*H. fortalezae*) and Anisakidae (*Pseudoterranova* sp.). Even though human infections with raphidascarids are rare, a few studies report accidental infections of humans with some *Hysterothylacium* species after eating raw or insufficiently cooked fish (e.g., Yagi et al., 1996; Valero et al., 2003). Likewise, the anisakid *Pseudoterranova* sp. has been recorded parasitizing humans (Mercado et al., 2001; Arizono et al., 2011). In our opinion, the chances of the human population becoming infected with these nematodes are very low because false herring are not commonly consumed and are mostly used as bait for pelagic fish and, if consumed, are not raw or undercooked.

Finally, this study increases knowledge of the parasite fauna of *H. clupeiola* along its distributional range on the Western Atlantic coast. As mentioned before, very few studies have been conducted describing the whole helminth parasite fauna of this host, but most of them have been in Brazil (Kohn and Portes-Santos, 1988; Luque et al., 2000); all the other reports are isolated records of the presence of a helminth species in a particular locality. This study also enhances the information on the parasites of clupeiform fishes in Mexican waters, and particularly in the

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Gulf of Mexico, since previous studies were conducted in clupeiforms of the Pacific coast, such as those on *Harengula thrissina* and *Opisthonema libertate* (Pérez-Ponce de León et al., 2000; López-Moreno et al., 2023). Clearly, the use of several sources of data, including molecular markers, is very useful to refine taxonomic hypotheses and to reveal more accurately the biodiversity of parasites in particular host species. In this context, the information generated in this study will also be useful in further studies of parasites as bioindicators of ecosystem health, and studies of the role of parasites in food webs in marine environments.

► ACKNOWLEDGMENTS

LAG thanks SECIHTI for the postdoctoral fellowship “Estancias Posdoctorales por México Modalidad Académica” (CVU 640068). We thank Luis García Prieto for providing the accession numbers of the specimens deposited in the CNHE. We thank Laura Marquez and Nelly López (LaNaBio) for their help with DNA sequencing. We thank Norberto Colín for allowing us to use the Molecular Biology lab of ENES-Mérida. Fish were sampled under the collecting permit No. PPF/DGOPA-001/20 issued to Alfredo Gallardo by the Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Fish were humanely euthanized following the protocols described by the 2020 edition of the AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals. This research was supported by a grant from the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT-UNAM IN200824 to GPPL).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► REFERENCES

- Amato, J. F. R. (1983).** Digenetic trematodes of percoid fishes of Florianopolis, southern Brasil - Pleorchiidae, Didymozoidae, and Hemiuridae, with the description of three new species. *Revista Brasileira de Biologi.* 43 (1), 99-124.



- Andrade-Gómez L, García-Varela M, Badillo-Alemán M, Chiappa-Carrara X, Pérez-Ponce de León G. (2026).** Metazoan parasite fauna of *Mugil curema* from the Yucatán Peninsula based on novel DNA sequence data, with an updated checklist of the host across its distributional range. *Journal of Helminthology*, 100, e10. <https://doi.org/10.1017/S0022149X25101065>
- Andrade-Gómez, L., Ortega-Olivares, M. P., Solórzano-García, B., García-Varela, M., Mendoza-Garfias, B., and Pérez-Ponce de León, G. (2023).** Monorchiids (Digenea, Trematoda) of fishes in the Yucatán Peninsula, Mexico, with the description of three new species based on morphological and molecular data. *Parasite*, 30, 15. <https://doi.org/10.1051/parasite/2023015>
- Andres, M. J., Peterson, M. S., and Overstreet, R. M. (2016).** Endohelminth parasites of some midwater and benthopelagic stomiiform fishes from the northern Gulf of Mexico. *Gulf and Caribbean Research* 27 (1), 11-19. <https://doi.org/10.18785/gcr.2701.02>
- Arizono, N., Miura, T., Yamada, M., Tegoshi, T., and Onishi, K. (2011).** Human Infection with *Pseudoterranova azarasi* Roundworm. *Emerging Infectious Diseases*, 17(3), 555-556. <https://doi.org/10.3201/eid1703.101350>.
- AVMA (American Veterinary Medical Association) (2020).** Guidelines for the euthanasia of animals. Schaumburg, Illinois: American Veterinary Medical Association.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., and Shostak, A. W. (1997).** Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583.
- Caballero y Caballero, E., and Bravo-Hollis, M. (1965).** Monogenea de peces marinos del litoral mexicano del Golfo de Mexico y del Mar Caribe. I. *Bulletin of Marine Science*, 15, 535-547.
- Costa-Marchiori, N. D. C., Magalhães, A. R. M., and Pereira Junior, J. (2010).** The life cycle of *Bucephalus margaritae* Ozaki & Ishibashi, 1934 (Digenea, Bucephalidae) from the coast of Santa Catarina State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. 32 (1): 71-78., <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i1.5596>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Deardorff, T. L., and Overstreet, R. M. (1980). Review of *Hysterothylacium* and *Iheringascaris* (both previously =*Thynnascaris*) (Nematoda: Anisakidae) from the northern Gulf of Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 93, 1035–1079.
- Dziekońska-Rynko, J., and Rokicki, J. (2007). Life cycle of the nematode *Contracaecum rudolphii* Hartwig, 1964 (sensu lato) from northern Poland under laboratory conditions. *Helminthologia*, 44, 95–102. <https://doi.org/10.2478/s11687-007-0013-9>
- Espínola-Novelo, J. F., Solórzano-García, B., Badillo-Alemán, M., Chiappa-Carrara, X., Guillén-Hernández, S., and Pérez-Ponce de León, G. (2025). Metazoan parasites of two endemic species of killifishes, *Fundulus grandissimus* and *F. persimilis* (Cyprinodontiformes: Fundulidae), in coastal lagoons of northern Yucatán Peninsula, Mexico. *Marine Biodiversity*, 55, 2. <https://doi.org/10.1007/s12526-024-01485-x>
- Espínola-Novelo, J. F., Solórzano-García, B., Guillén-Hernández, S., Badillo-Alemán, M., Chiappa-Carrara, X., and Pérez-Ponce de León, G. (2023). Metazoan parasite communities of the Ocellated killifish, *Floridichthys polyommus* (Cyprinodontidae) in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán, Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, 67, 103223. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103223>.
- Euzet, L., and Prost, M. (1969). *Pseudanthocotyloides heterocotyle* (van Beneden, 1871) (Monogenea: Polyopisthocotylea), parasite de *Clupea sprattus* (L.) en Méditerranée. Revision anatomique et position systématique. *Acta Parasitologica Polonica*, 17, 109–114.
- Fernandes, B. M. M., and Goulart, M. B. (1989). *Dinosoma clupeola* sp. n. (Hemiuridae) and *Pseudoacanthostomum floridensis* Nahhas & Short, 1965 (Acanthostomidae), digenetic trematodes in Brazilian Marine fishes. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 84, 103–106.
- Froese, R., and Pauly, D. Editors. (2026). FishBase. World Wide Web electronic publication. <https://www.fishbase.se/summary/Harengula-clupeola>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Gallardo-Torres, A., Badillo-Aleman, M., Rivera-Felix, V., Rubio-Molina, J., Galindo de Santiago, C., Loera-Pérez, J., García-Galano, T., and Chiappa-Carrara X. (2014).** Catálogo de los peces de la costa norte de Yucatán. Segunda edición. CONACYT. Mexico.
- García-Varela, M., and Nadler, S. A. (2005).** Phylogenetic relationships of Palaeacanthocephala (Acanthocephala) inferred from SSU and LSU rDNA gene sequences. *Journal of Parasitology*, 1, 1401–1409. <https://doi.org/10.1645/GE-523R.1>
- Gibson, D. I. (2008).** Family Renicolidae Dollfus, 1939. In: Bray, R. A.; Gibson, D. I.; Jones, A. (Eds). *Keys to the Trematoda. Volume 3*. Wallingford: CAB International and the Natural History Museum, pp. 591–594. <https://doi.org/10.1079/9780851995885.0591>
- González-Morales, A., Molina-Garza, Z., Galaviz-Silva, L., Olvera-Leal, A., and Delgado-Garduño, J. (2023).** Identificación molecular de *Contracaecum rudolphii* (Nematoda: Anisakidae) en peces de importancia comercial de tres localidades en Nuevo León, México. *Investigación Y Desarrollo En Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 8(1), 113–121. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.19>
- Grano-Maldonado, M. I., Andrade-Gómez, L., Mendoza-Garfias, B., Solórzano-García, B., García-Pantoja, A., Nieves-Soto, M., and Pérez-Ponce de León, G. (2023).** Metazoan Parasites of the Pacific Silverstripe Halfbeak, *Hyporhamphus naos* (Osteichthyes: Hemiramphidae) in Mazatlán Bay, Mexico. *Pacific Science*, 77, 441-451. <https://doi.org/10.2984/77.4.6>
- Jensen, K., and Bullard, S.A. (2010).** Characterization of a diversity of tetraphyllidean and rhinebothriidean cestode larval types, with comments on host associations and life-cycles. *International Journal for Parasitology*, 40(8), 889-910. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2009.11.015>
- Kohn, A., and Fernandes, B. M. M. (2016).** Capítulo VI. Trematoda. In: Eiras, J.C., A.L. Velloso & J. Pereira Jr. (Eds.). *Parasitos de Peixes Marinhos da América do Sul*. Editora da FURG, Rio Grande, Brazil. 95-169



- Kohn, A., Fernandes, B. M. M., and Cohen, S. C. (2007). *South American trematodes parasites of fishes*. Rio de Janeiro: Editora Imprinta Express. 318 pp.
- Kohn, A., and Portes-Santos, C. (1988). First report of *Mazocraeoides georgei* price, 1936 and *Mazocraeoides opisthonema* Hargis, (1955) in Brazil with new synonymys (Monogenea, Mazocraeidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 83, 437-440 <https://doi.org/10.1590/S0074-02761988000400007>
- Kohn, A., Santos, C. P., and Baptista-Farias, M. F. D. (1992). New host records and localities of some Monogenea from Brazilian marine fishes with scanning electron microscopy of *Bicotylophora trachinoti* (MacCallum, 1921). *Memorias do Instituto de Oswaldo Cruz*, 87, 1, 109–114. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761992000500023>
- Lamothe-Argumedo, R. (1997). Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. Mexico, D.F.
- Linton, E. (1910). Helminth fauna of the Dry Tortugas. II. Trematodes. Papers from the Tortugas Laboratory of the Carnegie Institute of Washington. 4, 11–98.
- López-Moreno, D.G., Vallarta-Zárate, J.R.F., Marín-Enríquez, E., Amezcua, F., and Morales-Serna, F.N. (2023). Looking for Parasites as Potential Biological Tags for Pacific Thread Herring, *Opisthonema libertate* (Günther, 1867) (Clupeiformes, Dorosomatidae), in the Gulf of California. *Fishes*, 8, 336. <https://doi.org/10.3390/fishes8070336>
- Louvard, C., Cutmore, S. C., Yong, R. Q. Y., Dang, C., and Cribb, T. H. (2022). First elucidation of a didymozoid life cycle: *Saccularina magnacetabula* n. gen. n. sp. infecting an arcid bivalve. *International Journal for Parasitology*, 52, 407–425. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2021.11.012>.
- Luque, J. L., Vinas R. A., Paraguassú A. R. and Alves D. R. (2000). Metazoários Parasitos das sardinhas *Sardinella brasiliensis* e *Harengula clupeola* (Osteichthyes, Clupeidae) do litoral do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Universidade Rural-Serie Ciências da Vida*, 22, 71–76.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Manter, H. W. (1947).** The digenetic trematodes of marine fishes of Tortugas. *American Midland Naturalist*. 38, 257–416 https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/manterlibrary/article/1035/&path_info=Manter_1947_AMN_Trematodes_Tortugas.pdf
- Manter, H. W. (1934).** Some digenetic trematodes from deep-water fish of Tortugas, Florida. *Papers from Tortugas Laboratory*. 28, 257-345 <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=manterlibrary>
- Menezes, P. Q. Fd., Knoff, M., Felizardo, N. N., Cunha, N. Cd., Telleria, E. L., Lopes Torres E. J., Costa Borges, L., do Nascimento, E. R., and Carmona de São Clemente, S. (2018).** *Callitetrarhynchus gracilis* (Rudolphi, 1819) Pintner, 1931 (Cestoda: Trypanorhyncha) parasitizing the musculature of *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) (Actinopterygii) off the coast of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *PLoS ONE*, 13(11), e0206377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206377>
- Mercado, R., Torres, P., Muñoz, V., and Apt, W. (2001).** Human infection by *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda, Anisakidae) in Chile: report of seven cases. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96(5), 653-5. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762001000500010>
- Minh, B.Q., Schmidt, H.A., Chernomor, O., Schrempf, D., Woodhams MD, von Haeseler, A., and Lanfear, R. (2020).** IQ-TREE 2: new models and efficient methods for phylogenetic inference in the genomic era. *Molecular Biology and Evolution*, 37(5), 1530–1534, <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa015>
- Montes, M., Arredondo, N., Gomez, F., Marcotegui, P., Ibañez Shimabukuro, M., Barneche, J., and Martorelli, S. (2026).** A new *Alloopistholecithum* species (Digenea: Lecithasteridae) parasitizing the economically valuable *Odontesthes bonariensis* (Teleostei: Atherinopsidae). *Journal of Helminthology*, 100, <https://doi.org/10.1017/s0022149x25101090>
- Nahhas, F. M., and Cable, R. M. (1964).** Digenetic and aspidogastroid trematodes from marine fishes of Curacao and Jamaica. *Tulane Studies in Zoology*, 11, 169–228 <https://doi.org/10.5962/bhl.part7052>



- Nitta, M. (2026). *Pseudanthocotyloides mamaevi* Williams, 1988 (Polyopisthocotyla: Mazocraeidae) from Wild and Cultivated Japanese Anchovy *Engraulis japonicus* (Clupeiformes: Engraulidae) in Japan. *Fish Pathology*, 61(1), 13-22. <https://doi.org/10.3147/jsfp.61.13>
- Overstreet, R. M., Cook J. O., and Heard R. W. (2009). Trematoda (Platyhelminthes) of the Gulf of Mexico, in Felder, D.L. and D.K. Camp (eds.), Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas A&M Press, College Station, Texas. 3, 4 1 9 — 4 8 6 . <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1945&context=parasitologyfacpubs>
- Pantoja, C., and Kudlai, O. (2022). Hemiurid Trematodes (Digenea: Hemiuridae) from Marine Fishes off the Coast of Rio de Janeiro, Brazil, with Novel Molecular Data. *Animals*, 12(23), 3355 <https://doi.org/10.3390/ani12233355>
- Pérez-Ponce de León, G., García Prieto, L., and Rosas Villa, C. (2000). Helminthofauna de *Opisthonema libertate* y *Harengula thrissina* (Osteichthyes: Clupeidae) de la bahía de Chamela, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical*, 48, 759–763.
- Posada, D. (2008). jModelTest: phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and Evolution*, 25, 1253–1256.
- Price, E. W. (1958). Some New Monogenetic Trematodes from the Gizzard Shad, *Dorosoma cepedianum* (Le Sueur). *Journal of Alabama Academy of Science*. 30, 10.
- Rambaut, A. (2012). FigTree v1.4.0. Institute of Evolutionary Biology. University of Edinburgh, UK.
- Santos, C. P., Lopes K. C., and Gibson D. I. (2016). Nematoda. In: Eiras, J. C., Velloso, A. L., Pereira, J. Parasitos de peixes marinhos de América do Sul. Editora da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Valero, A., Terrados, S., Díaz, V., Reguera, V., and Lozano J. (2003). Determination of IgE in the serum of patients with allergic reactions to four species of fish-parasite anisakids. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 13(2), 94-8.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Wee, N. Q.-X., Cutmore, S. C., Yong, R. Q.-Y., and Cribb, T. H. (2017). Two new and one known species of *Tergestia* Stossich, 1899 (Trematoda: Fellodistomidae) with novel molecular characterisation for the genus. *Systematic Parasitology*, 94, 861-874. <https://doi.org/10.1007/s11230-017-9749-x>
- WoRMS (2026a). *Parahemiurus merus* (Linton, 1910) Manter, 1940. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=109352> on 2026-06-07
- WoRMS (2026b). *Callitetrarhynchus gracilis* (Rudolphi, 1819) P i n t n e r , 1 9 3 1 . Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=105355> on 2026-06-08
- Yagi, N., Nagasawa, K., Ishikura, H., Nakagawa, A., Sato, N., Kikuchi, K., and Ishikura, H. (1996). *Hysterothylacium aduncum* excreted from human: A case report kinpei. *Japanese Journal of Parasitology*, 45 (1),12-23



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Artículo Científico

Metazoan Parasites of *Lagodon rhomboides* (Sparidae) in La Carbonera Lagoon, Yucatán Peninsula

Metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* (Sparidae) en la Laguna la Carbonera, Península de Yucatán

1. Betzi Fernanda Pérez-Ortega

0000-0001-5414-6329

Universidad Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Mérida), Yucatán, México.

2. Juan Francisco Espínola-Novelo

0000-0003-0773-3744

Universidad Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Mérida), Yucatán, México.

3. Brenda Solórzano-García

0000-0002-6367-477X

Universidad Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Mérida), Yucatán, México.

4. Gerardo Pérez-Ponce de León

0000-0001-6472-5113

Universidad Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Mérida), Yucatán, México.

Corresponding author: ppdleon@enesmerida.unam.mx



Metazoan Parasites of *Lagodon rhomboides* (Sparidae) in La Carbonera Lagoon, Yucatán Peninsula

Metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* (Sparidae) en la Laguna la Carbonera, Península de Yucatán

► ABSTRACT

Coastal lagoons are highly diverse ecosystems because they are transition zones between marine and terrestrial environments; in some cases, they serve as nursery sites for certain fish species. The pinfish, *Lagodon rhomboides*, locally known as “xlavita” or “sargo”, is a member of the family Sparidae and is distributed in coastal lagoons across the Western Atlantic, from Massachusetts, USA to the Northern Yucatán Peninsula and the West Indies. The parasite fauna of *L. rhomboides* across its distributional range has been partially studied. Here, we sampled 29 individuals of *L. rhomboides* from La Carbonera lagoon in the Yucatán Peninsula using seine nets. Fish were euthanized and studied for ecto and endoparasites. Metazoan parasites were identified using molecular and morphological data. Sixteen parasite taxa were found. Of these, 37.5% were larval forms and 62.5% were adults, indicating the role of this fish species in the trophic network in coastal lagoons. Seven taxa were added to the list of parasite species of *L. rhomboides* across its distributional range, raising the total number to 38. The prevalence and mean intensity of infection were calculated for each parasite taxon, and community attributes such as species richness, mean abundance, and diversity indices were calculated at the infracommunity and component community levels.

Key words: Parasites, taxonomy, ecology, DNA, Yucatán, Mexico



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► RESUMEN

Las lagunas costeras son ecosistemas con una alta diversidad de especies porque representan zonas de transición entre los ambientes marinos y terrestres; en ocasiones, estas zonas sirven de hábitat para algunas especies de peces. La “xlavita” or “sargo”, *Lagodon rhomboides*, pertenece a la familia Sparidae; se distribuye desde Massachusetts, USA hasta la península de Yucatán y las Indias Occidentales. La fauna de parásitos de esta especie de pez ha sido poco estudiada a lo largo de su distribución. Durante el verano de 2022, se recolectaron 29 ejemplares de *L. rhomboides* en la laguna de La Carbonera, Yucatán, mediante chinchorro playero. Los peces fueron eutanizados y estudiados en busca de ecto y endoparásitos. Los metazoarios parásitos fueron identificados mediante caracteres morfológicos y moleculares. Se reporta la presencia de 16 taxa de los cuales, el 37.5% fueron larvas y el 62.5% adultos, mostrando el papel de esta especie en las redes tróficas de los ecosistemas costeros. Se agregan siete taxa a la lista de especies de metazoarios parásitos de esta especie a lo largo de su rango de distribución, aumentando el número a 38. Se presentan los valores promedio de prevalencia e intensidad de la infección para cada especie de parásito y, de manera general, se describen los atributos de las comunidades de parásitos, tales como la riqueza, la abundancia y la diversidad, tanto a nivel de infracomunidad como de componente de comunidad.

Palabras clave: Parásitos, taxonomía, ecología, ADN, Yucatán, México

► INTRODUCTION

The family Sparidae Rafinesque, 1818, comprises 39 genera and 163 valid species (Froese et al., 2026). In the Atlantic Ocean, including the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, only 21 species are known (Kritsky and Bakenhaster, 2019). Sparids are coastal, demersal fishes that occur in brackish waters, such as estuaries and coastal lagoons, where they serve as nurseries. Juvenile specimens commonly form shoals and live in shallow waters, in contrast to adults, which are less sociable (Pavlidis and Mylonas, 2011).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



The pinfish, *Lagodon rhomboides* (Linnaeus, 1766), locally called “sargo” or “xlavita”, is a member of the family Sparidae. It is distributed along the Western Atlantic coast, from Massachusetts, USA, to the Yucatán Peninsula, Mexico, including the West Indies (Spitzer et al., 2000; Canto-Maza and Vega-Cendejas, 2008; Eaton et al., 2022); juveniles inhabit estuarine and brackish waters (Canto-Maza and Vega-Cendejas, 2008). In the Yucatán Peninsula, *L. rhomboides* is a resident of coastal lagoons such as Celestún, La Carbonera, Chelem, Dzilam, las Coloradas, and Río Lagartos (Vega-Cendejas and Hernández de Santillana, 2004; Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2008; Arceo-Carranza et al., 2010; Vega-Cendejas et al., 2012; Bonilla-Gómez et al., 2014). The diet of *L. rhomboides* comprises mostly phytoplankton, zooplankton, macrophytes, amphipods, and other crustaceans (Spitzer et al., 2000; Canto-Maza and Vega-Cendejas, 2008; Bonilla-Gómez et al., 2011, 2014).

Parasites of *L. rhomboides* have been studied mostly in estuaries of the northern part of the Gulf of Mexico. Previous studies recorded 31 metazoan parasite taxa (Table 1) across its distribution range. Digeneans were the most common parasite group, with 20 of the 31 taxa present in both larval and adult stages. In Mexico, only three studies have partially described this sparid's parasite fauna. For instance, Bonilla-Gómez et al. (2014) reported the isopod *Cymothoa excisa* Perty, 1833 in La Carbonera lagoon. In contrast, Sosa-Medina et al. (2015) studied the parasitofauna of *L. rhomboides* in Celestún lagoon and recorded 14 parasite taxa. Recently, Pérez-Ortega et al. (2026) described a new copepod species, *Clavellotis mayae*, from the gills of *L. rhomboides* in both La Carbonera and Celestún lagoons.

The main objective of this study was to report the composition of the metazoan parasite fauna of *L. rhomboides* in La Carbonera coastal lagoon, in the Yucatán Peninsula, to describe the ecological parameters of the infection at the population and community levels, and to update the checklist of the parasites of this fish species across its distributional range.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Table 1. Previous records of metazoan parasites of *Lagodon rhomboides* along its distribution range (in alphabetical order by parasite group).

Taxa	Locality	Reference
Trematoda		
<i>Acanthostomidae</i> gen. sp.	Celestún lagoon, Mexico	Sosa-Medina et al., 2015
<i>Atrophecaecum astorquii</i> (Watson, 1976) Lamothe-Argumedo & Ponciano-Rodriguez, 1986	Celestún lagoon, Mexico	Sosa-Medina et al., 2015
<i>Bucephalidae</i> gen. sp.	Celestún lagoon, Mexico	Sosa-Medina et al. 2015
<i>Diptherostomum americanum</i> Manter, 1947	USA	Hutton and Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Overstreet, 1969
<i>Diplomonorchis leistomi</i> Hopkins, 1941	USA	Hutton and Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Nahhas and Powell, 1965; Overstreet, 1969
<i>Alloinfundiburictus beauforti</i> (Hopkins, 1941) Wee, Cutmore, Pérez-del-Olmo & Cribb, 2020	USA	Nahhas and Powell, 1965
<i>Alloinfundiburictus lintoni</i> (Manter, 1931) Wee, Cutmore, Pérez-del-Olmo & Cribb, 2020	USA	Nahhas and Powell, 1965
<i>Lecithaster confusus</i> Odhner, 1905	USA	Nahhas and Short, 1965
<i>Lecithochirium musculus</i> (Looss, 1907) Nasir & Diaz, 1971	Celestún lagoon, Mexico	Sosa-Medina et al. 2015
<i>Brachyphallus parvus</i> (Manter, 1947) Skrjabin & Guschanskaja, 1955	USA	Overstreet, 1969
<i>Lepocreadium floridanum</i> Sogandares-Bernal & Hutton, 1959	USA	Hutton and Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Nahhas and Short, 1965; Overstreet, 1969
<i>Megasolena hysterospina</i> (Manter, 1931) Overstreet, 1969	USA	Hutton and Sogandares, 1960; Hutton, 1964
<i>Mesostephanus appendiculatoides</i> (Price, 1934) Lutz, 1935	Celestún lagoon, Mexico	Sosa-Medina et al. 2015
<i>Mesostephanus</i> sp.	Celestún lagoon, Mexico	Sosa-Medina et al. 2015
<i>Oligogonotylus manteri</i> Watson, 1976	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al. 2015
<i>Parahemiurus merus</i> (Linton, 1910) Manter, 1940	USA	Nahhas and Short, 1965; Overstreet, 1969
<i>Proctoeces lintoni</i> Siddiqi & Cable, 1960	USA	Overstreet, 1969
<i>Stephanostomum</i> sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al. 2015
<i>Steringotrema corpulentum</i> (Linton, 1905) Manter 1931	USA	Hutton and Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Overstreet, 1969
<i>Tabascotrema</i> sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al., 2015
Monogenea		
<i>Ancyrocephalinae</i> gen. sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al., 2015



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Microcotylidae gen. sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al., 2015
Cestoda		
Tetraphyllidae gen. sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al., 2015
Nematoda		
<i>Contracaecum</i> sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al., 2015
Copepoda		
<i>Argulus funduli</i> Kroyer, 1863	USA	Bere, 1936
<i>Caligus praetextus</i> Bere, 1936	USA	Creseey, 1991
<i>Caligus rufimaculatus</i> Wilson C.B., 1905	USA	Creseey, 1991
<i>Clavellotis mayae</i> Pérez-Ortega, Espinola-Novelo, Castro-Romero, Montes & Pérez-Ponce de León, 2026	Celestún lagoon, México	Pérez-Ortega et al., 2026
<i>Ergasilus</i> sp.	Celestún lagoon, México	Sosa-Medina et al., 2015
<i>Lernanthropus longilamina</i> Pearse 1951	Bahamas Island	Pearse, 1952
Isopoda		
<i>Cymothoa excisa</i> Perty, 1833	Celestún lagoon, México	Bonilla-Gómez et al., 2014

► MATERIALS AND METHODS

Study site

Twenty-nine juvenile individuals of *L. rhomboides* (TL= 17.73 ± 4.69) were collected from La Carbonera coastal lagoon (21°13' - 21°14' N; 89° 52' - 89° 54' W) (Figure 1) between June and August, 2022. Fish were obtained using seine nets and kept alive in containers with salt water and constant aeration until necropsy; fish were euthanized by spinal severance (pithing), following the procedures accepted by the American Veterinary Medical Association (AVMA, 2020). All individuals were dissected. Parasitological examination included the gills, brain, gastrointestinal tract, heart, and liver, which were placed in Petri dishes with 0.85% saline and examined for parasites under a stereomicroscope. The collected metazoan parasites were preserved in 100% ethanol for

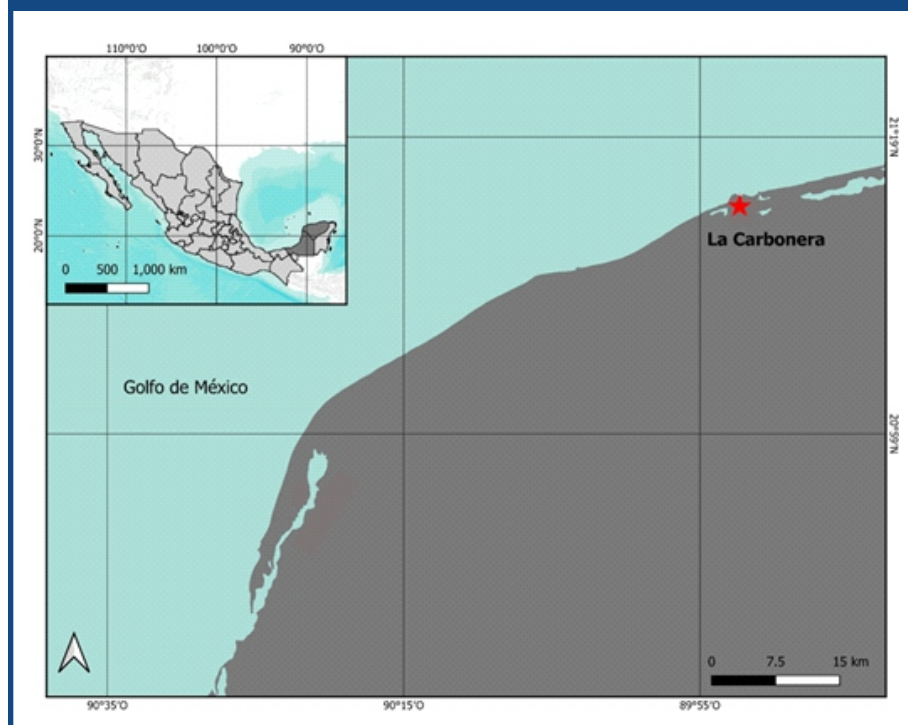


OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

further morphological and molecular analysis. Fish were sampled under the collecting permit No. PPF/ DGOPA-001/20 issued to Alfredo Gallardo by the Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

Figure 1. Locality of La Carbonera coastal lagoon, Yucatán Peninsula, México



Morphological identification

Digeneans, monogeneans, and acanthocephalans were stained with Mayer's paracarmine and mounted as permanent slides with Canada balsam. Copepods and nematodes were mounted in semi-permanent slides with 50% glycerol for morphological examination (Lamothe-Argumedo, 1997). Original descriptions or redescrptions were used to identify most of the metazoan parasites morphologically. Specimens were deposited in the Colección Nacional de Helmintos, Mexico City with accession numbers 12698-19702.

Molecular analysis

Total genomic DNA was extracted from individuals of 15 taxa using DNazol (Molecular Research Center, Cincinnati, OH) following manufacturer's instructions. The target genes were amplified via Polymerase Chain Reaction (PCR). For most taxa the Large Subunit of



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



the Ribosomal RNA gene (28S) was amplified using the forward primer 391 (5'-AGCGGAGGAAAAGAACTAA -3') (Nadler and Hudspeth, 1998) and reverse primer 536 (5'- CAGCTATCCTGAGGGAAAC -3') (García-Varela and Nadler, 2005). Sequencing internal primers were 502 plus 503 (Stock et al., 2001; García-Varela and Nadler, 2005). Cycling conditions: 4 min initial denature at 95°C followed by 30 cycles of 94°C for 30 sec, 50°C for 45 sec and 72°C for 2 min; and a final extension phase at 72°C for 7 min. The Internal Transcribed Spacer region 1 (ITS1) was also amplified using the forward primer BD3 (5'-GAACATCGACATCTTGAACG -3') (Hernández-Mena et al., 2014) and reverse primer BD2 (5'- TATGCTTAAATTCAGCGGGT -3') (Lutton et al., 1992), with an internal primer, BD4 (Hernández-Mena et al., 2014). Cycling conditions were: 5 min initial denature at 95°C followed by 30 cycles of 95°C for 30 sec, 55°C for 30 sec, and 72°C for 30 sec; and a final extension phase at 72°C for 7 min.

For copepods, the partial cytochrome c oxidase subunit I gene (*cox1*) was amplified using the forward Primer LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTG -3') and reverse primer HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA -3') (Folmer et al., 1994). For the monogenean, *cox1* was amplified using the forward primer JB3 (5'- TTTTGTGGGCATCCTGAGGTTTAT -3') and reverse primer JB4.5 (5'- TAAAGAAAGAACATAATGAAAATG -3') (Bowles et al., 1995). For *cox1*, the cycling conditions were: 4 min initial denaturation at 94°C, followed by 34 cycles of 94°C for 30 sec, 44–48 °C for 1 min, and 72 °C 1 min; and a final extension phase at 72 °C for 7 min. Sequences were compared to the GenBank library content using the Basic Alignment Search Tools (BLAST) at the National Center for Biotechnology Information (NCBI), and were deposited at the GenBank database. We established an arbitrary sequence identity value of $\geq 99\%$ for the 28S rRNA gene and ITS1 as a valid threshold to achieve a species-level identification, and $\geq 95\%$ for the mitochondrial gene *cox1*. In a few cases when the number of specimens was optimal, after conducting the BLAST search, identifications were corroborated by a morphological analysis.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Population analysis and community description

The infection parameters: prevalence, mean abundance, and mean intensity were estimated following Bush et al. (1997). A parasite species accumulation curve was constructed to determine whether the sample size was adequate for ecological analyses; species richness estimators (Chao 1 and Jackknife 2) were calculated in PRIMER v6 (Anderson et al., 2008), to estimate the expected number of species. The quantitative analysis was carried out at the component community level (all parasite species in a host sample at a given location) and at the infracommunity level (all parasite species in an individual host). At the component community level, the total species richness, total abundance, and diversity through the Shannon-Wiener index were calculated; whereas, at the infracommunity level, the species richness (number of parasite species per examined host), mean abundance (mean number of individual parasites per examined host), and diversity through Brillouin index were calculated. These analyses were performed using PRIMER v6 (Anderson et al., 2008).

RESULTS

Only three of the 29 specimens examined of *L. rhomboides* from La Carbonera lagoon were not infected with metazoan parasites. In total, 448 parasites were collected and belonged to 16 taxa, including five digeneans, one monogenean, two cestodes, one acanthocephalan, four nematodes, and three copepods (Table 2).

Table 2. Sequence identity of the metazoan parasite from *Lagodon rhomboides* sampled in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán Peninsula, Mexico.

TAXA	Gene	Matching sequence	Identity Percentage (%)	GB Accession
Trematoda				
<i>Cardiocephaloides</i> sp.*	Brain	28S <i>Cardiocephaloides longicollis</i>	98.8	PZ618334
<i>Diptherostomum americanum</i> Manter, 1947	Intestine	ITS1 <i>Diptherostomum flavum</i>	98.1	PZ618332
<i>Diplomonorchis leiostomi</i> Hopkins, 1941	Intestine	28S <i>Diplomonorchis leiostomi</i>	99.9	PZ618335
<i>Megasolena hysterospina</i> (Manter, 1931) Overstreet, 1969	Intestine	28S <i>Megasolena hysterospina</i>	99.9	PZ618336
<i>Proctoeces</i> sp.	Intestine	28S <i>Proctoeces maculatus</i>	98.1	PZ618337
Monogenea				
<i>Microcotyle</i> sp.	Gills	Cox1 <i>Microcotyle visa</i>	92.9	PZ610132
Cestoda				
<i>Dasyrhynchus giganteus</i> *	Mesentery	28S <i>Dasyrhynchus giganteus</i>	99.6	PZ618338
<i>Matticestus</i> sp.*	Caeca	28S <i>Matticestus kathleenae</i>	96.4	PZ618339



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Acanthocephala

Dolifusentis mayae García-Varela, Sereno-Urbe, Solórzano-García & Pérez-Ponce de León, 2024

Nematoda

*Contracaecum rudolphii** Hartwich, 1964

*Cosmocephalus obvelatus** (Creplin, 1825) Seurat, 1919

Cucullanus pargi González-Solis, Tuz-Paredes & Quintal-Loria, 2007

Pseudoterranova sp.*

Copepoda

Caligus praetextus Bere, 1936

Clavellotis mayae Pérez-Ortega, Espinola-Novelo, Castro-Romero, Montes & Pérez-Ponce de León, 2026

*Specimens representing larval stages

Intestine	28S	<i>Dolifusentis mayae</i>	99.7	PZ618340
Mesentery	Cox1	<i>Contracaecum rudolphii</i>	98.8	PZ610133
Mesentery	28S	<i>Cosmocephalus obvelatus</i>	99.9	PZ618341
Mesentery	28S	<i>Cucullanus opisthoporus</i>	86.57	PZ618342
	28S	<i>Pseudoterranova</i> sp.	100	PZ618343
Gills	28S	<i>Caligus elongatus</i>	92.9	PZ619134
Gills	Cox1	<i>Clavellotis mayae</i>	100	PX830993

Ten of the 16 taxa were identified to species level using molecular and morphological data; three taxa were not identified to species level because they were recovered as larval stages and their sequence did not match with any identified congeneric species, i.e., *Matticestus* sp., *Cardiocephaloides* sp., and *Pseudoterranova* sp. (Table 2); two taxa may represent new species, although a more detailed taxonomic work is required to corroborate this hypothesis, as well as collecting more specimens, i. e., *Microcotyle* sp., and *Proctoeces* sp. One taxon, the copepod *Lernanthropus* sp., was identified using morphological data because DNA amplification was unsuccessful. The parasite fauna of *L. rhomboides* in La Carbonera lagoon included 12 endoparasites and four ectoparasites; of the 12 endoparasite taxa seven were adults and five were larval forms (Table 2); the endoparasites were: *Cardiocephaloides* sp., *D. americanum*, *D. leiostomi*, *M. hysterospina*, *Proctoeces* sp., *D. giganteus*, *Matticetus* sp., *D. mayae*, *C. rudolphii*, *C. obvelatus*, *C. pargi*, and *Pseudoterranova* sp. (Figure 2), whereas the ectoparasites (all adults) were: *Microcotyle* sp., *C. praetextus*, *C. mayae* and *Lernanthropus* sp. (Figure 3).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

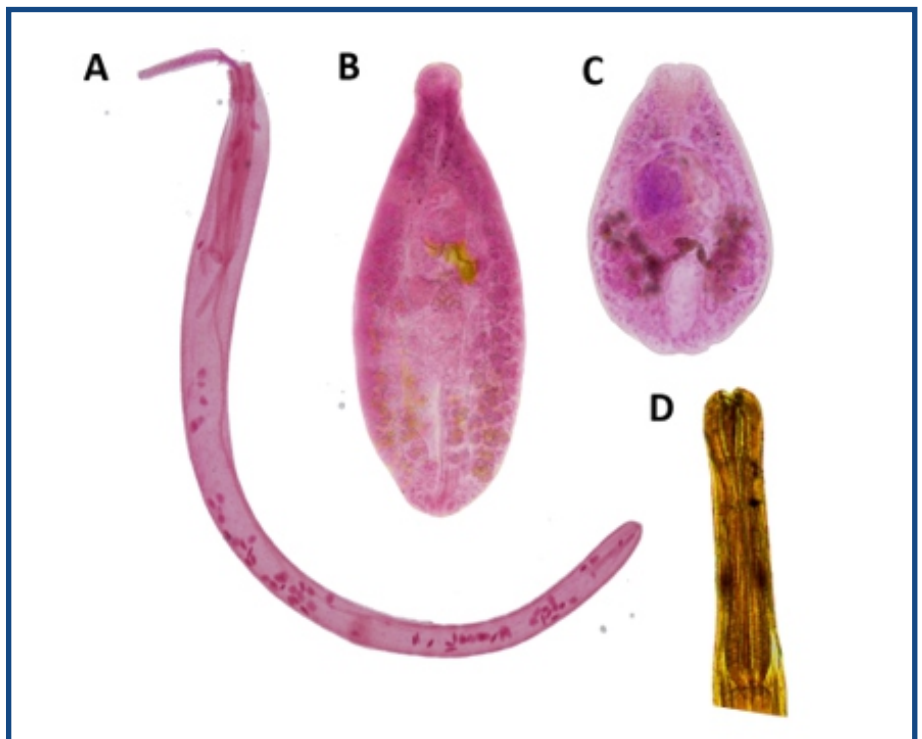


Figure 2. Photomicrographs of representative endoparasites collected from *Lagodon rhomboides* in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán Peninsula, México. A) *Dollfusentis mayae*, lateral view, stained with Mayer's paracarmine. B) *Megasolena hysterospina*, ventral view, stained with Mayer's paracarmine. C) *Diplomonorchis leiostomi*, ventral view, stained with Mayer's paracarmine. D) *Cucullanus pargi*, dorsal-ventral view.

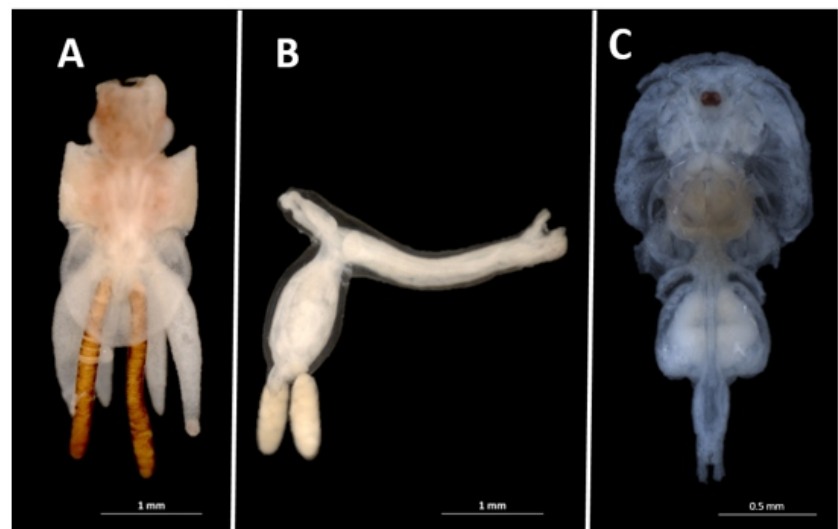


Figure 3. Photomicrographs of representative ectoparasites collected from *Lagodon rhomboides* in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán Peninsula, México. A) *Lernanthropus* sp., dorsal view. B) *Clavellotis mayae*, lateral view. C) *Caligus praetextus*, dorsal view.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Figure 4 shows the parasite species accumulation curve; because the curve tends to reach an asymptote, the sample size is considered adequate for further ecological analyses. The richness estimators expected the number of parasite species to range between 16.7 (Chao) and 24.7 (Jackknife2). At the population level, the highest prevalence of infection (66%) was reached by the monogenean *Microcotyle* sp., followed by the copepod *C. mayae* and the nematode *C. pargi*, with 31% and 28%, respectively. The monogenean also had the highest mean abundance of infection and the larval tapeworm *Matticestus* sp. showed the second highest mean abundance (Table III).

The Shannon-Wiener diversity index was 2.13. At the infracommunity level, every host was parasitized by 15 ± 35 parasites. The richness value was 2.3 ± 1.9 taxa of parasites per analyzed fish and the Brillouin index was 0.43 ± 0.4 .

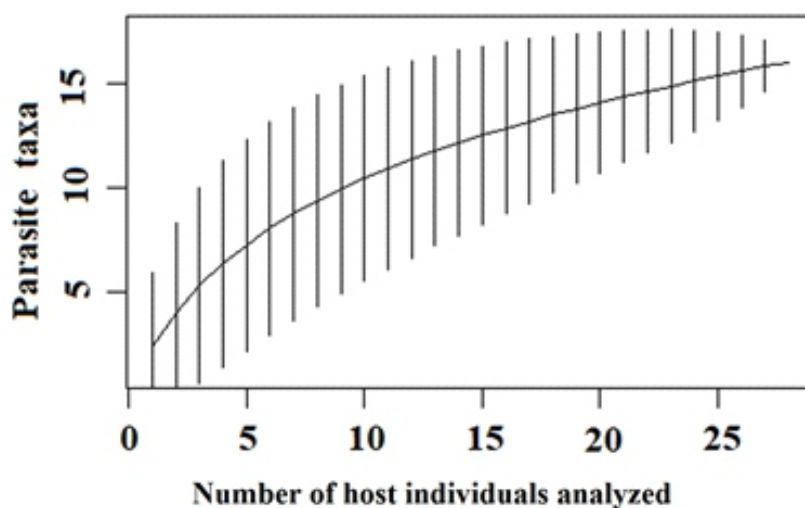


Figure 4. Parasite species accumulation curve of *Lagodon rhomboides* sampled in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán, Peninsula, Mexico.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Table 3. Prevalence (%), mean abundance and mean intensity $\pm$ standard deviation ($\pm$ SD) of metazoan parasites of *Lagodon rhomboides* from La Carbonera coastal lagoon, Yucatan Peninsula.

Taxa	Prevalence	Mean abundance	Mean intensity
Trematoda			
<i>Cardiocephaloides</i> sp.	3%	0.1 $\pm$ 0.4	2.0 $\pm$ 0.0
<i>Diptherostomum americanum</i>	14%	2.7 $\pm$ 10.0	19.8 $\pm$ 21.8
<i>Diplomonorchis leiostomi</i>	3%	2.2 $\pm$ 12.1	65.0 $\pm$ 0.0
<i>Megasolena hysterospina</i>	14%	0.3 $\pm$ 0.8	2.0 $\pm$ 1.4
<i>Proctoeces</i> sp.	3%	0.0 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.0
Monogenea			
<i>Microcotyle</i> sp.	66%	3.4 $\pm$ 5.1	5.2 $\pm$ 5.5
Cestoda			
<i>Dasyrhynchus giganteus</i>	7%	0.2 $\pm$ 0.9	3.5 $\pm$ 0.7
<i>Matticestus</i> sp.	14%	2.9 $\pm$ 13.2	20.8 $\pm$ 33.8
Acanthocephala			
<i>Dollfusentis mayae</i>	7%	0.7 $\pm$ 3.3	9.5 $\pm$ 12.0
Nematoda			
<i>Contracaecum rudolphii</i>	3%	0.1 $\pm$ 0.7	4.0 $\pm$ 0.0
<i>Cosmocephalus obvelatus</i>	3%	0.0 0.2	1.0 0.0
<i>Cucullanus pargi</i>	28%	0.6 $\pm$ 1.2	2.0 $\pm$ 1.6
<i>Pseudoterranova</i> sp.	3%	0.1 $\pm$ 0.4	2.0 $\pm$ 0.0
Copepoda			
<i>Caligus praetextus</i>	10%	0.1 $\pm$ 2.2	1.0 $\pm$ 0.7
<i>Clavellotis mayae</i>	31%	1.1 $\pm$ 2.2	3.7 $\pm$ 2.6
<i>Lernanthropus</i> sp.	21%	1.0 $\pm$ 2.7	4.7 $\pm$ 4.5

DISCUSSION

Previous studies reported the composition of the metazoan parasite fauna of *L. rhomboides* as a host of 31 parasite taxa along its distribution range (Bere, 1936; Pearse, 1952; Hutton and Sogandares, 1960; Overstreet, 1960; Hutton, 1964; Nahhas and Powell, 1965; Nahhas and Short, 1965; Hall and Iversen, 1967; Creese, 1991; Bonilla-Gómez et al., 2014; Sosa-Medina et al., 2015; Pérez-Ortega et al., 2026). However, only nine of the 31 taxa were recovered in this study, i.e., *Diptherostomum americanum*, *Diplomonorchis leiostomi*, *Megasolena hysterospina*, *Parahemiurus merus*, *Proctoeces* sp., *Microcotyle* sp., *Contracaecum rudolphii*, *Caligus praetextus*, and *Clavellotis mayae*. Seven parasite taxa were recorded for the first time in the present study: *Cardiocephaloides* sp., *Dasyrhynchus giganteus*, *Matticestus* sp., *Cosmocephalus obvelatus*, *Cucullanus pargi*, *Pseudoterranova* sp., and *Lernanthropus* sp., increasing the metazoan parasite records in *L. rhomboides* along its distribution range to 38 taxa. In a previous study,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Sosa-Medina et al. (2015) reported the presence of 14 parasite taxa in *L. rhomboides* from Celestún lagoon in the Yucatán Peninsula. However, only four were identified to species level, and none corresponded to any species reported in the present study for La Carbonera lagoon. The only two previous studies in this locality (Bonilla-Gomez et al., 2014; Pérez-Ortega et al., 2026) reported the presence of the isopod *Cymothoa excisa*, which was not found in this study, and described a new species of the copepod *Clavellotis mayae*.

The most common and abundant parasite taxon was *Microcotyle* sp. This monogenean reached a prevalence of 66% and a mean abundance of 3.4 parasites per analyzed host. Interestingly, this monogenean may represent a new species, but a more detailed analysis is required to test this hypothesis. *Microcotyle* Van Beneden & Hesse, 1863, is a large genus comprising 76 known species, of which only 42 are considered valid, whereas the remaining 31 are considered a taxon inquirendum (WoRMS, 2026); some of them have been reported as parasites of sparid fishes. In recent years, at least four species were described as parasites of sparids in the Mediterranean Sea: *M. erythrini* Van Beneden & Hesse, 1863, *M. visa* Bouguerche, Gey, Justine & Tazerouti, 2019, *M. isyebi* Bouguerche, Gey, Justine & Tazerouti, 2019, and *M. whittingtoni* Villora-Montero, Pérez-del-Olmo, Georgieva, Raga & Montero, 2020 (Bouguerche et al., 2019; Villora-Montero et al., 2020). In the Gulf of Mexico, only one species, *M. archosargi* MacCallum, 1913, has been recorded as a parasite of two sparids, *Archosargus probatocephalus* (Walbaum, 1792) and *A. rhomboidalis* (Linnaeus, 1758) (MacCallum, 1913; Montoya-Mendoza et al., 2015; Mendoza-Garfias et al., 2017; Mendoza-Franco et al., 2018), however no genetic data are available for comparison in the GenBank other than a very short sequence of 28S from Campeche, in the Gulf of Mexico (Mendoza-Franco et al., 2018) although this sequence is not useful because is too short; additionally, the status of this species needs to be clarified since it is considered as a species inquirenda in Worms (2026). More detailed analyses are needed to determine the taxonomic identity of the monogenean recorded in this study, but it seems to represent a new species.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



In La Carbonera coastal lagoon, *L. rhomboides* is the definitive host of 62.5% of the parasite fauna; the remaining percentage (37.5%) includes parasites for which *L. rhomboides* acts as the second intermediate host; that includes one digenean, two cestodes, and two nematodes which mature in marine mammals, fish-eating birds, elasmobranchs or fishes from a higher trophic level (González-Solís et al., 2006; D'Amelio et al., 2007; Olson et al., 2010; Caira et al., 2014). The larval cestode *Matticestus* sp. is particularly interesting. Caira et al. (2018) hypothesized that, as adults, this tapeworm is exclusively a parasite of sawfishes of the genus *Pristis* (Rhinopristiformes: Pristidae). The sawfish, *Pristis pectinata* Latham, 1794 is a threatened marine species which occurs in coastal lagoons of the Gulf of Mexico (Bonfil et al., 2024). The presence of metacestodes of *Matticestus* sp., suggests the occurrence of specimens of *P. pectinata* in the area even though this elasmobranch has not been observed in the last few decades; in this context, *Matticestus* sp. could be useful as a bioindicator of ecosystem health because both intermediate and final hosts must occur in the lagoon.

In terms of parasite diversity, digeneans were the most species-rich group with five taxa recorded in this study, including four adults and one metacercaria. A similar pattern was observed in other estuarine fishes in the Yucatán Peninsula. For instance, the metazoan parasite communities of *Mugil curema* Valenciennes, 1836 and that of three species of killifishes, *Floridichthys polyommus* Hubbs, 1936, *Fundulus grandissimus* Hubbs, 1936, and *F. persimilis* Miller, 1955, were also dominated by digeneans (Espínola-Novelo et al., 2023, 2025; Andrade-Gómez et al., 2026). This general pattern agrees with some authors who have suggested that digeneans are the dominant parasite group in both freshwater and marine fish (Sanchez-Ramirez and Vidal-Martínez, 2002; Poulin, 2016).

Overall, ectoparasites showed higher infection prevalence, whereas endoparasites showed higher mean intensity. In the southern Gulf of Mexico, several studies have analyzed the parasite component communities of marine fishes. For instance, *Trachinotus carolinus* (L. 1776) was parasitized by 24 taxa (Sánchez-Ramírez and Vidal-



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Martínez, 2002); *Lutjanus griseus* (L. 1758) harbored 20 taxa (Argáez-García et al, 2010); *Mycteroperca bonacci* (Poey 1860) was parasitized by 25 taxa (Espínola-Novelo et al., 2013), and *Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830 harbored 52 taxa (García-Teh et al., 2022). In contrast, fish species in coastal lagoons of the Yucatán Peninsula harbor parasite communities with fewer species. Just considering La Carbonera lagoon, *F. grandissimus* was parasitized by 4 taxa, *F. persimilis* by 7 taxa (Espínola-Novelo et al., 2025), *F. polyommus* by 16 taxa (Espínola-Novelo et al., 2023), and *M. curema* was parasitized by 8 taxa (Andrade-Gómez et al., 2026).

In the present study, the parasite fauna of *L. rhomboides* was also analyzed at infracommunity level to contrast the diversity with other studies conducted in coastal lagoons of the Yucatán Peninsula. In the cichlid *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862) from Celestún lagoon, the Brillouin index was 0.31 ± 0.42 (Salgado-Maldonado and Kennedy, 1997); in *F. polyommus* from La Carbonera lagoon, the Brillouin index was 0.15 ± 2.3 (Espínola-Novelo et al., 2023); whereas the diversity of *Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758) in four coastal lagoons was even lower and ranged between 0.04 ± 0.08 and 0.15 ± 0.14 (Pech et al., 2008). The parasite fauna of the pinfish, *L. rhomboides*, in La Carbonera, however, reached a higher Brillouin index 0.43 ± 0.4 . The differences shown among *L. rhomboides*, *F. polyommus*, *M. urophthalmus*, and *S. testudineus* could be attributed to differences in their feeding habits. Aguilar-Medrano et al. (2020) analyzed the trophic index of fish assemblages in coastal lagoons of the Yucatán Peninsula. These authors identified *L. rhomboides* as a fish species with a high trophic index (4.4) in contrast with *F. polyommus* and *S. testudineus* which reached values of 2.9 and 3.4, respectively. Differences in index values can be attributed to the distinct diet of these species. The diet of *L. rhomboides* is based on zooplankton and zoobenthos; in contrast, *F. polyommus* is an omnivorous species, whereas the feeding habits of *S. testudineus* is mostly based on zoobenthos.

In conclusion, the results of this study show the importance of *L. rhomboides* as a final and intermediate host of metazoan parasites in coastal environments of the Yucatán Peninsula; the pinfish parasite

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



fauna included a wide array of metazoan parasites, including digeneans, monogeneans, acanthocephalans, cestodes, nematodes, and copepods. DNA sequence data are provided for the first time for seven parasite taxa, expanding the genetic library of parasites occurring in coastal lagoons. Since parasites have been proposed as long-term bioindicators of environmental stress, particularly in aquatic environments, the data provided herein represents base line information that might be useful in future conservation and ecosystem management initiatives. More detailed studies are required to fully understand host-parasite interactions in coastal lagoons and the effects of environmental perturbations on the ecological parameters of parasites as indicators of environmental stress.

► ACKNOWLEDGMENTS

We thank Dra. Mayra Grano Maldonado for the invitation to contribute to this special issue. We also thank Edith Gamez and the team from the Revista de Ciencias Marinas UAS for their support. We also thank Leopoldo Andrade for their help during fieldwork. JEN thanks SECIHTI for the postdoctoral fellowship 'Estancias Posdoctorales por México Modalidad Académica' (CVU 351170). We also thank Maribel Badillo and Alfredo Gallardo from BioCon (Laboratorio de Biología de la Conservación, F.C., UNAM) for lab facilities, technical support, and identifying hosts. We thank Norberto García Colín for access to the Molecular Laboratory at ENES-UNAM. We also thank Laura Márquez and Nelly López, LaNaBio, for the sequencing service. This research was funded by a grant from the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT- UNAM IN200824) to GPPL.

► REFERENCES

Aguilar-Medrano R, Hernández de Santillana M and Vega-Cendejas ME (2020). Using fish assemblages to understand environmental connectivity and usage. A contribution to the conservation of the Yucatan Wetland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 239, 106766. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106766>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Anderson MJ, Gorley RN and Clarke KR (2008).** PERMANOVA for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Andrade-Gómez L, García-Varela M, Badillo-Alemán M, Chiappa-Carrara X and Pérez-Ponce de León G (2026).** Metazoan parasite fauna of *Mugil curema* from the Yucatán Peninsula based on novel DNA sequence data, with updated checklist of the host across its distributioal range. *Journal of Helminthology*, 100, 1-16. <https://doi.org/10.1017/S0022149X25101065>
- Arceo-Carranza D, Vega-Cendejas ME, Montero-Muñoz J and Hernández de Santillana M (2010).** Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 823-837. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532010000300022&script=sci_arttext
- Argáez-García N, Guillén-Hernández S and Aguirre-Macedo L (2010).** Intestinal helminths of *Lutjanus griseus* (Perciformes: Lutjanidae) from three environments in Yucatan (Mexico), with a checklist of its parasites in the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 903-912. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532010000300030&script=sci_arttext&lng=en
- AVMA (American Veterinary Medical Association) (2020).** Guideline for the euthanasia of animals. Schaumburg, Illinois: American Veterinary Medical Association
- Bere R (1936).** Parasitic copepods from Gulf of Mexico fish. *The American Midland Naturalist*, 17, 577-625. <https://www.jstor.org/stable/2419936>
- Bonfil R, Díaz-Jaimes P, Palacios-Barreto P, Mendoza-Vargas OU and Ricaño-Soriano M (2024).** Improved eDNA assay evidence further regudia for critically endangered smalltooth sawfish (*Pristis pectinata*) in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 1290661. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1290661>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Bonilla-Gómez J, López-Rocha J, Badillo-Aleman MB, Tzeek-Tzu J and Chiappa-Carrara (2011).** Growth and mortality of *Lagodon rhomboides* (Pisces: Sparidae) in a tropical coastal lagoon in northwestern Yucatan, Mexico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 3, 99-109. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=633766718007>
- Bonilla-Gómez J, Ramírez-Rojas A, Badillo-Aleman M and Chiappa-Carrara X (2014).** Nuevo registro de *Lagodon rhomboides* (Pisciformes: Sparidae) como hospedero de *Cymothoa excisa* (Isopoda: Cymothoidae) en la costa noreste de la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 633-637. <https://doi.org/10.7550/rmb.38768>
- Bouguerche C, Gay C, Justine JL and Tazerouti F (2019).** Towards the resolution of the *Microcotyle erythrini* species complex: description of *Microcotyle isyebi* n. sp. (Monogenea, Microcotylidae) from *Boops boops* (Teleostei, Sparidae) off the Algerian coast. *Parasitology Research*, 118, 1417-1428. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06293-y>
- Bowles J, Blair D and McManus DP (1995).** A molecular phylogeny of the human schistosomes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54, 103-109. <https://doi.org/10.1006/mpev.1995.1011>
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, and Shostak AW (1997).** Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al., revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583. <https://www.jstor.org/stable/3284227>
- Caira JN, Jensen J and Fyler CA (2018).** A new genus of tapeworm (Cestoda: Onchoproteocephalidae) from sawfish (Elasmobranchii: Pristidae). *Journal of Parasitology*, 104, 133-144. <https://www.jstor.org/stable/44810404>
- Caira JN, Jensen K, Waeschenbach A, Olson PD and Littlewood TJ (2014).** Orders out of chaos-molecular phylogenetics reveals the complexity of shark and stingray tapeworm relationships. *International Journal of Parasitology*, 44, 55-73. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.10.004>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Canto-Maza WG and Vega-Cendejas M (2008).** Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 56, 1837-1846. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442008000400020&script=sci_arttext
- Creeseey R (1991).** Parasitic copepods from the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, III: *Caligus*. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 497, 1-53. <http://dx.doi.org/10.5479/si.00810282.497>
- D'Amelio S, Barros NB, Ingrosso S, Fauquier DA, Russo R and Paggi L (2007).** Genetic characterization of members of the genus *Contracaecum* (Nematoda: Anisakidae) from fish-eating birds from west-central Florida, USA, with evidence of new species. *Parasitology*, 134, 1041-1051. <https://doi.org/10.1017/S003118200700251X>
- Eaton K, Hallaj A, Stoeckel JA and Bernal M (2022).** Ocean warming leads to increase in aerobic and changes to gene expression in the pinfish (*Lagodon rhomboides*). *Frontiers in Ecology and Evolution*, 809375. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.809375>
- Espínola-Novelo JF, González-Salas C, Guillén-Hernández S and Mackenzie K (2013).** Metazoan parasites of *Mycteroperca bonacci* (Epinephelidae) off the coast of Yucatan, Mexico, with a checklist of its parasites in the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 1111-1120. <https://doi.org/10.7550/rmb.27989>
- Espínola-Novelo JF, Solórzano-García B, Badillo-Alemán M Chiappa-Carrara X, Guillén-Hernández S and Pérez-Ponce de León G (2025).** Metazoan parasites of two endemic species of killifishes, *Fundulus grandissimus* and *F. persimilis* (Cyprinodontiformes: Fundulidae), in coastal lagoons of northern Yucatán Peninsula, México. *Marine Biodiversity*, 55, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s12526-024-01485-x>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Espínola-Novelo JF, Solórzano-García B, Guillén-Hernández S, Badillo-Alemán M, Chiappa-Carrara X and Pérez-Ponce de León G (2023).** Metazoan parasites of the Ocellated killifish, *Floridichthys polyommus* (Cyprinodontidae) in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán, Mexico. *Regional Studies of Marine Science*, 67, 103223. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103223>
- Folmer O, Black M, Hoch W, Lutz R and Vrijenhock 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
- Froese R and Pauly D (Eds.) (2026).** FishBase. Sparidae Rafinesque, 1818. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=125564> on 2026-06-02
- García-Teh JG, Vidal-Martinez VM, Mariño-Tapia I, Árcega-Cabrera F, Ordoñez-Lopez U and Aguirre-Macedo ML (2022).** Metazoan parasite infracommunities of the Tomato Grunt (*Haemulon aurolineatum*) as potential bioindicators of environmental conditions in the Yucatan Continental Shelf, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 108, 49-54. <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03305-5>
- García-Valera M and Nadler SA (2005).** Phylogenetic relationships of Palaeacanthocephala (Acanthocephala) inferred from SSU and LSU rDNA gene sequences. *Journal of Parasitology*, 91, 1401-1409. <https://doi.org/10.1645/GE-523R.1>
- González-Solís D, Vidal-Martinez VM, Antochiw-Alonso DM and Ortega-Argueta A (2006).** Anisakid nematodes from stranded pygmy sperm whales, *Kogia breviceps* (Kogiidae), in three localities of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Parasitology*, 92, 1120-1122. <https://doi.org/10.1645/GE-3553RN.1>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Hernández-Mena ID, Garcia-Prieto L and Garcia-Varela M (2014).

Morphological and molecular differentiation of *Parastrigea* (Trematoda: Strigeidae) from Mexico, with description of a new species. *Parasitology International*, 63, 315-323.

<https://doi.org/10.1016/j.parint.2013.11.012>

Hutton RF and Sogandares-Bernal F (1960). A list of parasites from

marine and coastal animals of Florida. *Transactions of the American Microscopical Society*, 79, 287-292.

<https://doi.org/10.2307/3223735>

Hutton RF (1964). A second list of parasites from marine and coastal

animals of Florida. *Transactions of the American Microscopical Society*, 83, 439-447. <https://doi.org/10.2307/3224765>

Kritsky D and Bakenhaster M (2019). *Lamellodiscus* spp.

(Monogenoidea: Diplectanidae) infecting the gill lamellae of porgies (Perciformes: Sparidae) in the Gulf of Mexico off Florida U.S.A., with descriptions of *Lamellodiscus occiduus* n. sp. and *Lamellodiscus vesperus* n. sp. from *Calamus* spp. *Comparative Parasitology*, 86, 79-88.

<https://doi.org/10.1654/1525-2647-86.2.79>

Lamothe-Argumedo R (1997). Manual de técnicas para preparar y

estudiar los parásitos de animales silvestres. A. G. T. Editor S.A. México D.F.

Lutton K, Walker D and Blair D (1992). Comparisons of ribosomal

internal transcribed spacers from two congeneric species of flukes (Platyhelminthes: Trematoda: Digenea). *Molecular and Biochemical Parasitology*, 56, 323-7.

[https://doi.org/10.1016/0166-6851\(92\)90181-I](https://doi.org/10.1016/0166-6851(92)90181-I)

MacCallum GA (1913). Further notes of the genus *Microcotyle*.

Zoologische Jahrbücher, 35, 389-4020

Manter HW (1947). The digenetic trematodes of marine fishes of

Tortugas, Florida. *American Midland Naturalist*, 38, 257-416

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Mendoza-Franco EF, Rosado-Tun MC, Duarte-Anchevida AJ and del Río-Rodríguez RE (2018).** Morphological and molecular (28s rRNA) data of monogeneans (Platyhelminthes) infecting the gills lamellae of marine fishes in the Campeche Bank, Southwest Gulf of Mexico. *Zookeys*, 783, 125-161. <https://doi.org/10.3897/zookeys.783.26218>
- Mendoza-Garfias B, García-Prieto L and Pérez-Ponce de León (2017).** Checklist of the Monogenea (Platyhelminthes) parasitic in Mexican aquatic vertebrates. *Zoosystema*, 39, 501-598. <https://doi.org/10.5252/z2017n4a5>
- Montoya-Mendoza J, Castañeda-Chávez M and Lango-Reynoso F (2015).** Helminths of sheepshead *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae) from Alvarado, Veracruz, México. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Science*, 4, 45-47.
- Nadler SA and Hudspseth DSS (1998).** Ribosomal DNA and phylogeny of the ascaridoidea (Nemata: Secernentea): implications for morphological evolution and classification. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 10, 221-236. <https://doi.org/10.1006/mpev.1998.0514>
- Nahhas FM and Powell EC (1965).** *Monorchidae* (Trematoda) from fishes of Apalachee Bay, Gulf of Mexico. *Journal of Parasitology*, 51, 16-20. <https://doi.org/10.2307/3275637>
- Nahhas FM and Short RB (1965).** Digenetic trematodes of marine fishes from Apalachee Bay, Gulf of Mexico. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 12, 39-50. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.20210>
- Olson PD, Caira JN, Jensen K, Overstreet RM, Palm HW and Beveridge I (2010).** Evolution of the thrypanorhynch tapeworms: Parasite phylogeny supports independent lineages of shark and rays. *International Journal of Parasitology*, 40, 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2009.07.012>
- Overstreet RM (1969).** Digenetic trematodes of marine teleost fishes from Biscayne Bay, Florida. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 15, 119-176

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Overstreet RM, Cook JO and Heard RW (2009).** Trematoda (Platyhelminthes) of the Gulf of Mexico. In *Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota Biodiversity* (419-486). Felder DL and Camp DK (Eds.) *Texas A&M, University Press, College Station, Texas*
- Pavlidis MA and Mylonas CC (Eds.) (2011).** Sparidae: biology and aquaculture of gilthead seabream and other species. *John Wiley-Blackwell*. <https://doi.org/10.1002/9781444392210>
- Pearse AS (1952).** Parasitic crustacean from Alligator, Harbor, Florida. *The Quarterly Journal of the Florida Academy of Science*, 187-243. <https://www.jstor.org/stable/24313568>
- Pech D, Vidal-Martínez VM, Aguirre-Macedo ML, Gold-Bouchot G, Herrera-Silveira J, Zapata-Pérez O and Marcogliese DJ (2008).** The checkered puffer (*Sphoeroides testudineus*) and its helminths as bioindicators of chemical pollution in Yucatan coastal lagoons. *Science of the Total Environment*, 407, 2315-2324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.054>
- Pérez-Ortega BF, Espínola-Novelo JF, Castro-Romero R, Montes MM and Pérez-Ponce de León G. (2026).** Morphology and DNA sequences reveal a new species of *Clavellotis* (Copepoda: Lernaepodidae) as a parasite of three species of sparids in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 1-14. <https://doi.org/10.1017/S0031182026101735>
- Poulin R (2016).** Greater diversification of freshwater than marine parasites of fish. *International Journal of Parasitology*, 46, 275-279. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2015.12.002>
- Salgado-Maldonado G and Kennedy DR (1997).** Richness and similarity of helminth communities in the tropical fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 47, 581-590. <https://doi.org/10.1017/S0031182097008810>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Sánchez-Ramírez C and Vidal-Martínez VM (2000).** Metazoan parasite infracommunities of Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) from the coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Parasitology*, 88, 1087-1094. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2002\)088\[1087:MPIOFP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2002)088[1087:MPIOFP]2.0.CO;2)
- Sosa-Medina T, Vidal-Martínez VM and Aguirre-Macedo L (2015).** Metazoan parasites of fishes from the Celestún coastal lagoon, Yucatán, Mexico. *Zootaxa*, 4007, 529-544. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4007.4.4>
- Spitzer P, Mattila J and Heck K (2000).** The effects of vegetation density on the relative growth rates of juvenile pinfish, *Lagodon rhomboides* (Linneaus), in Big Lagoon, Florida. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244, 67-86. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.054>
- Vega-Cendejas ME and Hernández de Santillana M (2004).** Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Rio Lagartos, Yucatan, Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 60, 285-299. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.01.005>
- Vega-Cendejas ME, Hernandez de Santillana M and Arceo-Carranza D (2012).** Length-weight relationships for selected fish species from a coastal lagoon influenced by freshwater seeps: Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 140-182. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01875.x>
- Villora-Montero M, Pérez-del Olmo A, Georgieva S, Raga JA and Montero FE (2020).** Considerations on the taxonomy and morphology of *Microcotyle* spp.: redescription of *M. erythrini* van Beneden & Hesse, 1863 (sensu stricto) (Monogenea: Microcotylidae) and the description of a new species from *Dentex dentex* (L.) (Teleostei: Sparidae). *Parasites & Vectors*, 13, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3878-9>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



WoRMS (2026). *Microcotyle* Van Beneden & Hesse, 1863. Accessed at:
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=119381> on 2026-05-20



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revista CIMAR UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ISSN 3061-8959



directorio
latindex



CREATIVE COMMONS

DIAMOND
OPEN ACCESS

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Nota

Científica

New occurrence of *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) (Copepoda: Bomolochidae) parasitizing *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Eupercaria: Lutjanidae) from Teacapán estuary, Sinaloa, Mexico

Nueva aparición de *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) (Copepoda: Bomolochidae) parasitando *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Eupercaria: Lutjanidae) del estuario de Teacapán, Sinaloa, México



1. João Vítor Couto de Miranda



0000-0003-2797-617X

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Belo Horizonte, Brasil.

Corresponding author: joao_couto_miranda@hotmail.com



3. Jesús Andrés Piña-Rodríguez



0009-0000-0342-9759

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México



5. Lina V. Torres Angarita



0009-0001-6607-2387

Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Grupo de investigación GIBEAM, Seccional Cartagena, Colombia.



7. Gerardo Pérez Ponce de León



0000-0001-6472-5113

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida, Mérida, México.



9. Felipe Bisaggio Pereira



0000-0002-7921-5965

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Médicas, Rio de Janeiro, Brasil.



2. Ángel Gibrian López-Ceseña



0009-0001-9064-5608

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México



4. Simón Alejandro Garcia-Rusell



0009-0008-5719-6143

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México



6. Isabella Castro Tuirán



0009-0001-9500-6338

Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Grupo de investigación GIBEAM, Seccional Cartagena, Colombia.



8. Fabiano Paschoal



0000-0002-8810-5549

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Médicas, Rio de Janeiro, Brasil.

Recibido 30 de julio 2026

Aceptado 09 de septiembre 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA



New occurrence of *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) (Copepoda: Bomolochidae) parasitizing *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Eupercaria: Lutjanidae) from Teacapán estuary, Sinaloa, Mexico

Nueva aparición de *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) (Copepoda: Bomolochidae) parasitando *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Eupercaria: Lutjanidae) del estuario de Teacapán, Sinaloa, México

► ABSTRACT

During a survey of parasitic copepods from Teacapán estuary, Sinaloa, Mexico, one adult female bomolochid was collected from the nostrils of the yellow snapper, *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869). The specimen was preserved in ethanol, cleared in glycerol, and examined using light microscopy. It was identified as *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) based on diagnostic characters, including a 6-segmented antennule, rostral hooks, absence of modified setae on the first antennal segment, two setae on the second endopodal segment of leg 2, and exopodal segments of leg 4 equal in length. This finding represents the first record of *A. australiensis* from the Mexican Pacific and the first in *L. argentiventris*, expanding its known geographical distribution and host range, since it has only been found on sparids in Australian waters. It also represents the first report of an *Acantholochus* species parasitizing a lutjanid fish worldwide.

Keywords: Cyclopoida; eastern tropical Pacific; host record; parasitic copepods; yellow snapper.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESUMEN

Durante un estudio de copépodos parásitos en el estuario de Teacapán, Sinaloa, México, se recolectó una hembra adulta de la familia Bomolochidae en las fosas nasales del pargo amarillo, *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869). El espécimen fue preservado en etanol,



aclarado en glicerol y examinado mediante microscopía óptica. Fue identificado como *Acantholochus australiensis* (Byrnes, 1986) con base en caracteres diagnósticos, incluyendo una anténula de seis segmentos, ganchos rostrales, ausencia de setas modificadas en el primer segmento antenal, dos setas en el segundo segmento endopodal de la pata 2 y segmentos exopodales de la pata 4 de igual longitud. Este hallazgo representa el primer registro de *A. australiensis* en el Pacífico mexicano y el primero en *L. argentiventris*, lo que amplía su distribución geográfica y su rango de hospederos, pues únicamente se había reportado en espáridos en las costas de Australia. También constituye el primer reporte en el mundo de una especie de *Acantholochus* que parasita un lutjánido.

Palabras clave: copépodos parásitos; Cyclopoida; Pacífico oriental tropical pargo amarillo; registro de hospedero.

► INTRODUCTION

Copepoda Milne Edwards, 1840 is a group of mostly microscopic crustaceans which perform fundamental ecological roles as free-living or symbiont organisms (Boxshall & Halsey, 2004). Most symbiotic copepods are parasites, associated with a wide range of vertebrates and invertebrates in almost all aquatic environments (Boxshall & Halsey, 2004). Within parasitic copepods, the family Bomolochidae Sumpf, 1871 has notable species richness, with 169 species distributed across 28 genera (Walter & Boxshall, 2026). Bomolochids are parasites of marine and estuarine fishes worldwide, but despite their impressive diversity, only a few have been reported from Mexico to date (Morales-Serna, Gómez, & Pérez-Ponce de León, 2012).

Acantholochus Cressey, 1984 is a genus of bomolochids composed of 10 species found on the gills or in the nostrils of their fish hosts (Paschoal, Cezar, & Luque, 2013). Half of its representatives are found in the Atlantic and the other half in the Pacific Ocean, infesting fishes of the families Scombridae Rafinesque, 1815, Haemulidae Gill, 1885, Sebastidae Kaup, 1873, Hexagrammidae Jordan, 1888, Jordaniidae Jordan, 1888, Tetraodontidae Bonaparte, 1831, Lophiidae Rafinesque,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

1810 and Sparidae Rafinesque, 1818 (Boxshall & Halsey, 2004; Walter & Boxshall, 2026). Almost all *Acantholochus* species were originally described from the Americas, except for *A. australiensis* (Byrnes, 1986), which was recorded from sparids of the genus *Acanthopagrus* Peters, 1855 off Queensland, Australia (Byrnes, 1986). After its description, this species was never reported from other localities or hosts.

During an investigation of estuarine parasitic copepods from the Mexican coast, a species of *Acantholochus* was found in the nostrils of *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Lutjanidae) from Teacapan estuary, Sinaloa, Mexico. The parasite was collected, identified, and reported in this study.

► MATERIALS AND METHODS

In January 2026, one specimen of *L. argentiventris* (total body length 23.3 cm; standard length 18.7 cm; total body weight 185.2 g) was acquired dead from a local fisherman in Teacapan estuary (22°32'38.83"N; 105°44'58.31"W), Sinaloa, Mexico. The fish was measured using a tape-measure and identified based on the Fish Identification Tool available at FishBase (Froese & Pauly, 2026). Nomenclature and classification of hosts were updated according to Eschmeyer's Catalog of Fishes (Fricke, Eschmeyer, & Fong, 2026). To search for the copepods, the nostrils were dissected and washed with water using a Pasteur pipette over a Petri dish; the contents were observed under a stereomicroscope. Copepods were collected and subsequently preserved in 100% ethanol for morphological analysis. For light-microscope observation, copepods were cleared in 50% glycerol using the wooden slide procedure described by Humes & Gooding (1964). The descriptive terminology and classification of copepods follow Boxshall & Halsey (2004) and Walter & Boxshall (2026), respectively. A voucher specimen was deposited in the Copepoda collection of the Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán (ICML-EMUCOP) under the accession code ICML-EMUCOP-270126-01.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTS

A single specimen of a bomolochid (adult female) copepod (Fig. 1A–D) was found in the nostrils. This parasitic crustacean was identified as a member of *Acantholochus* by the lack of modified setae on the first antennal segment, by the presence of rostral hooks, and by the reduced or lack of the accessory process of the maxilliped (Boxshall & Halsey, 2004; Paschoal et al., 2013). Also, the specimen corresponds to *Acantholochus australiensis* in the keys proposed by Morales-Serna & Gómez (2010) and Paschoal et al. (2013), by the 6-segmented antennule, the presence of two setae on the second endopodal segment of leg 2, basal segment of maxilliped without papilla, and by having all exopodal segments of leg 4 equal in length.

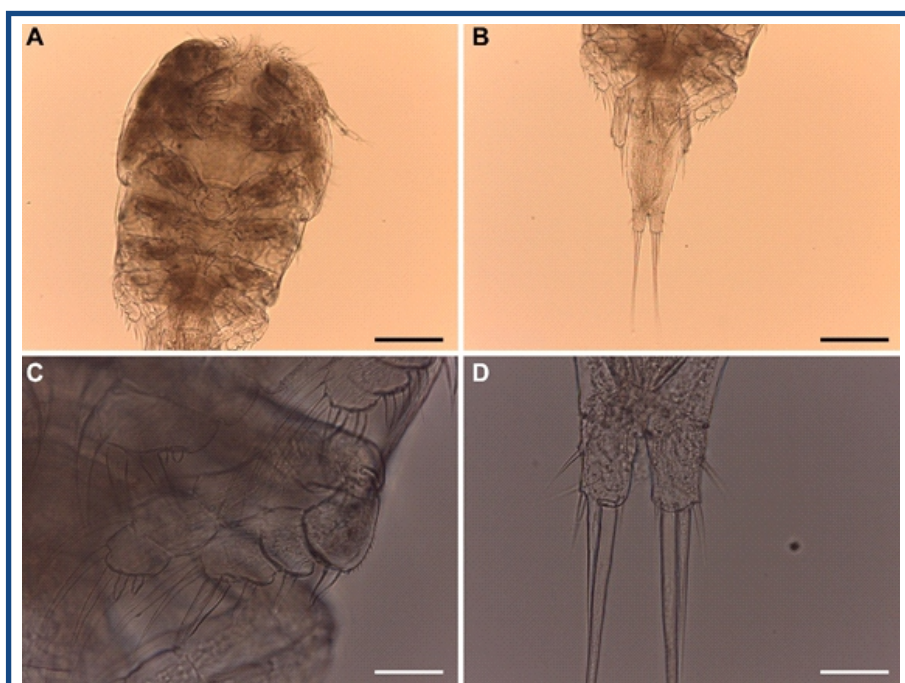


Figure 1 *Acantholochus australiensis* (adult female). A prosome, ventral; B urosome, ventral; C leg 3, ventral; D caudal ramus, ventral. Scale bars: A, B = 200 μ m; C, D = 50 μ m.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► DISCUSSION

To date, only three species of *Acantholochus* have been reported from Mexico, all from the Pacific coast: *Acantholochus nasus* Cressey, 1984 from the nasal sinuses of *Anisotremus davidsonii* (Steindachner, 1876) and *Orthopristis reddingi* Jordan & Richardson, 1895 (both Haemulidae); *Acantholochus nudiusculus* (Cressey & Cressey, 1980) from the nasal sinuses of *Scomberomorus sierra* Jordan & Starks, 1895 and *S. concolor* (Lockington, 1879) (both Scombridae), all from Baja California; and *Acantholochus zairae* Morales-Serna & Gómez, 2010 from the gill filaments of *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontidae) from Santa María La Reforma lagoon, Sinaloa (Morales-Serna & Gómez, 2010; Morales-Serna et al., 2012). The present record of *A. australiensis* parasitizing *L. argentiventris* therefore constitutes the first report of this species from the Mexican Pacific and the first record of its occurrence in this host species, expanding both the known geographic distribution and host range of the species. Moreover, this finding increases the number of *Acantholochus* species known from the Mexican Pacific to four and demonstrates that the diversity of the genus in the eastern tropical Pacific is likely higher than previously thought, particularly considering the broad distribution and ecological importance of *L. argentiventris* throughout the tropical eastern Pacific (Froese & Pauly, 2026).

A parasite species with a record across the Pacific Ocean seems unlikely. However, this pattern has been observed in other marine fish parasites. For instance, the trematode *Schikhobalotrema acutum* (Linton, 1910) has been proven to be distributed in Australian waters, and on the Pacific coast of Mexico and in the Gulf of Mexico, parasitizing mainly belonids (needlefishes) of the genus *Tylosurus* Cocco, 1833 (Pérez-Ponce de León et al., 2023). Another example is that of the acanthocephalan *Rhadinorhynchus laterospinus* Lühe, 1911, which has been widely reported in scombrids from the Western Pacific Coast (Japan, China and Vietnam) but also found in the Mexican Pacific (Grano-Maldonado et al., 2025), although in this latter case the distribution is due to its presence in tunid fish which are distributed worldwide.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



The yellow snapper, *L. argentiventris*, is a marine lutjanid species that inhabits inshore coral reefs and estuaries along the eastern tropical Pacific (Froese & Pauly, 2026). Beyond its ecological role as a predator of small fish and crabs, this fish is also widely used as a food resource and an ornamental species (Froese & Pauly, 2026). The commercial importance of the yellow snapper contrasts with the current knowledge of its parasitic fauna, with only an unidentified species of *Bomolochus* von Nordmann, 1832 reported from *Lutjanus peru* (Nichols & Murphy, 1922) from Acapulco Bay –(Villalba-Vasquez et al., 2022). Thus, these findings not only represent the first report of a bomolochid copepod infesting *L. argentiventris* from Mexico, but also the first time an *Acantholochus* species has been found on a lutjanid host. In this sense, these results broaden the host range of Bomolochidae in the country and contribute to the understanding of parasite-host interactions for these parasites.

► ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Dr. Mayra Ixchel Grano Maldonado, professor at the UAS, for helping to obtain the host, for hosting the first author, and for the critical review of the first draft of the manuscript, and to Oscar de Jesús Durán Villagrana, graduate student at UAS, for helping with the parasitological analysis and recovery of copepods. We thank Dr. Diana López at the Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) for granting access to and use of the CA-UAS-162 Laboratory facilities. To the Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación for providing a doctoral scholarship to JAGLC (CVU-1233531). This study was partially supported by the Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior N° 26/2024, from CAPES, awarded to João Victor Couto, and the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, PAPIIT-UNAM IN200824, granted to Gerardo Pérez-Ponce de León.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► REFERENCES

- Boxshall, G. A., & Halsey, S. (2004).** *An introduction to copepod diversity*. Ray Society.
- Byrnes, T. (1986).** Bomolochids (Copepoda, Bomolochidae) found on the Australian bream, *Acanthopagrus* spp. *Australian Journal of Zoology*, 34(2), 225–240. <https://doi.org/10.1071/ZO9860225>
- Fricke, R., Eschmeyer, W., & Fong, J. (2026).** *Genera/species by family/subfamily*. Eschmeyer's Catalog of Fishes. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>
- Froese, R., & Pauly, D. (2026).** *FishBase*. <https://www.fishbase.us/>
- Grano-Maldonado, M., Robles-Cabrera, Á., Andrade-Gómez, L., Mendoza-Garfias, B., García-Varela, M., & Pérez-Ponce de León, G. (2025).** Identification of the metazoan parasite fauna of the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) (Scombridae) from off the coast of Sinaloa, in northwestern Mexico. *Journal of Helminthology*, 99, e112. <https://doi.org/10.1017/S0022149X25100795>
- Humes, A. G., & Gooding, R. U. (1964).** A method for studying the external anatomy of copepods. *Crustaceana*, 6(3), 238–240. <https://doi.org/10.1163/156854064X00650>
- Morales-Serna, F. N., & Gómez, S. (2010).** A new bomolochid copepod parasitic on bullseye puffer *Sphoeroides annulatus* (Jenyns) from Mexico, with reassignment of some species of *Acantholochus* Cressey and *Hamaticolax* Ho & Lin. *Zootaxa*, 2336(1), 36–50. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2336.1.3>
- Morales-Serna, F. N., Gómez, S., & Pérez-Ponce de León, G. (2012).** Parasitic copepods reported from Mexico. *Zootaxa*, 3234(1), 43–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3234.1.2>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Paschoal, F., Cezar, A. D., & Luque, J. L. (2013).** A new species of *Acantholochus* (Cyclopoida, Bomolochidae) parasitic on the barred grunt *Conodon nobilis* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Haemulidae) from Rio de Janeiro, Brazil. *Crustaceana*, 86(2), 212–220. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003153>
- Pérez-Ponce de León, G., Solórzano-García, B., Huston, D. C., Mendoza-Garfias, B., Cabañas-Granillo, J., Cutmore, S. C., & Cribb, T. H. (2023).** Molecular species delimitation of marine trematodes over wide geographical ranges: *Schikhobalotrema* spp. (Digenea: Haplospilichnidae) in needlefishes (Belontiidae) from the Pacific Ocean and Gulf of Mexico. *Parasitology*, 1 – 13. <https://doi.org/10.1017/S0031182023001245>
- Villalba-Vasquez, P. J., Violante-González, J., Pulido-Flores, G., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., Flores-Rodríguez, P., Cayetano, C. V., Rosas-Acevedo, J. L., & Santos-Bustos, N. G. (2022).** Metazoan parasite communities of the Pacific red snapper, *Lutjanus peru* (Perciformes: Lutjanidae): interannual variations in parasite communities. *Journal of Helminthology*, 96, e44. <https://doi.org/10.1017/S0022149X22000335>
- Walter, T. C., & Boxshall, G. (2026).** *World of Copepods Database*. <https://www.marinespecies.org/imis.php?dasid=3104&doiid=356>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revista CIMAR UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ISSN 3061-8959



directorio
latindex



CREATIVE COMMONS

DIAMOND
OPEN ACCESS

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Revisión Científica

Problemática actual de la pesca en México y algunas alternativas para enfrentarla

Current challenges facing Mexico's fishing industry and potential strategies for addressing them

1. Víctor Manuel Vidal Martínez

0000-0002-6829-6317

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida, Yucatan, México.

Autor de correspondencia: vvidal@cinvestav.mx

Recibido 19 de agosto 2026

Aceptado 26 de agosto 2026



Problemática actual de la pesca en México y algunas alternativas para enfrentarla

Current challenges facing Mexico's fishing industry and potential strategies for addressing them

► RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar una revisión crítica de los principales problemas que el autor y su equipo detectaron durante su periodo como director general del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables (IMIPAS) en los mares, costas y aguas interiores de México. Estos incluyen la pesca ilegal, la falta de rédito en las actividades pesqueras, las afectaciones a la biodiversidad, la carencia de recursos para explorar nuevos recursos pesqueros y la complejidad y abandono histórico de la pesca en aguas interiores. Con base en la revisión de la literatura, para cada problema se presentan alternativas de solución que han funcionado en otros países. Dependiendo de la pertinencia, se plantean adecuaciones a estas alternativas para enfrentar los problemas del sector en México, o se plantean nuevas alternativas basadas en las particularidades sociales y económicas del país.

Palabras clave: problemática de la pesca, México, pesca ilegal, falta de rédito en pesquerías, alternativas de solución.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

The objective of this contribution is to present a critical review of the issues identified by the author and his team—during his tenure as Director General of the Mexican Institute for Sustainable Fisheries and Aquaculture Research (IMIPAS)—regarding Mexico's seas, coasts, and



inland waters. These issues include illegal fishing, low profitability in fishing activities, biodiversity impacts, limited resources to explore new fishery resources, and the complexity and historical neglect of inland fisheries. Based on a literature review, this paper presents potential solutions that have proven effective in other countries for each issue. Depending on their applicability, these alternatives are either adapted to address Mexico's specific challenges or new alternatives are proposed based on the country's unique social and economic characteristics.

Keywords: Fishing problems, Mexico, Illegal fishing, Lack of revenue in fisheries, Alternative solutions.

► INTRODUCCIÓN

La principal motivación para escribir este artículo fue la profunda preocupación del autor por el futuro del sector pesquero en México. Después de tener la oportunidad de visitar cada rincón del país entre noviembre de 2024 y mayo de 2026 como director general del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables (IMIPAS); así como de haber visto de primera mano las carencias y las oportunidades para la pesca en el país, el autor ha querido compartir algunas reflexiones para invitar a sumar esfuerzos, dando continuidad al cambio de paradigma que inició durante su permanencia al frente del IMIPAS. Para el autor habría sido imposible adquirir esta perspectiva si no hubiera contado con el apoyo y la confianza del Dr. Alejandro Flores Nava, Comisionado Nacional de la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura (CONAPESCA), desde octubre de 2024 hasta agosto de 2025, del Dr. Julio Berdegué Sacristán, Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), y de la Presidenta de México, la Dra. Claudia Sheinbaum Pardo. El objetivo principal de esta contribución es presentar una revisión crítica de la problemática que tanto los directores de las regiones Pacífico y Atlántico como yo hemos detectado en los mares y costas de México en tiempos recientes. Para cada problema, me permito presentar una serie de alternativas de solución para la consideración del lector. Esto no quiere decir que estas sean las únicas vías de solución, pero es importante plantearlas para que se pongan a



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



consideración no solo de la autoridad, sino también del sector en general. La revisión está organizada en cuatro secciones: una primera, introductoria y a nivel global, para dar claridad sobre por qué el país necesita un IMIPAS robusto y con autonomía en la toma de decisiones basadas en la mejor ciencia posible, en beneficio de México. La segunda sección contiene las estadísticas más confiables de las que dispongo sobre la actividad pesquera en México. En la tercera sección se mencionan los problemas de la pesca y algunas alternativas para afrontarlos. Finalmente, la cuarta sección está dedicada a las conclusiones derivadas de la revisión de la literatura existente y de la interacción con diversos actores del sector, desde pescadores hasta líderes de organizaciones pesqueras y ONG. Dada la extensión de este documento, la problemática de la acuicultura, aunque indisolublemente ligada a la de la pesca, se abordará en otra contribución.

El contexto mundial y por qué se requiere un IMIPAS

Aguilar Ramírez et al. (2026) han realizado un excelente trabajo al resumir las distintas estrategias que emplean los países desarrollados en los ámbitos pesquero y acuícola para gestionar sus recursos. Estos autores incluyeron las estrategias de Australia, Chile, Estados Unidos, Islandia, España, México, Noruega y de la Unión Europea. En todos los casos, con cierta variación en los instrumentos utilizados para la gestión pesquera (p. ej., cuotas de captura máxima permisible, derechos individuales transferibles de pesca, planes de manejo pesquero, etc.), existe una entidad que gestiona la política pesquera del país y otra científica que asesora. Estas instancias científicas, en todos los casos, proveen datos sólidos sobre el estado de los recursos pesqueros que sirven para la toma de decisiones de la institución encargada de la política pesquera. Esto es necesario para que la toma de decisiones se base en la generación de información científica independiente, transparente y orientada a la sostenibilidad de las pesquerías. En los párrafos siguientes haré énfasis en dos de los países mencionados por Aguilar Ramírez et al. (2026), de particular relevancia para México. Asimismo, agregaré información sobre tres países asiáticos cuyas políticas resultan de gran interés para el país.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

En el caso de Chile existen tres organismos oficiales. La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA); el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). El primer organismo se encarga de diseñar la política pesquera y de acuicultura; así como de establecer los planes de manejo de los recursos pesqueros, las cuotas de pesca globales y las medidas de conservación, con base en las recomendaciones de Comités Científicos Técnicos establecidos por ley, para cada recurso pesquero. Por otro lado, SERNAPESCA es la institución encargada del cumplimiento de la normatividad basada en la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, Ley No. 18,892), la trazabilidad de los productos pesqueros y el combate a la pesca ilegal. El IFOP, equivalente directo de IMIPAS, se encarga de generar información científica para evaluar el estado de los recursos pesqueros y acuícolas; así como del seguimiento del estado de salud de los ecosistemas marinos y costeros. Por tanto, Chile, basa su gestión de recursos pesqueros, en un manejo sustentado en evidencia científica, con un enfoque ecosistémico y la aplicación del principio precautorio (https://www.bcn.cl/leychile/navegar?cve=&i=&idLey=&idNorma=13315&idVersion=2025-06-25&tipoVersion=&utm_source=chatgpt.com).

Chile tiene un caso de éxito extremadamente relevante para México, el de las pesquerías artesanales chilenas y, en especial, del molusco conocido como “loco” (*Concholepas concholepas*) (Castellanos-Cabrera & Cosavalente-Sánchez, 2019). Debido a la gran preocupación de científicos y oficiales por la sobreexplotación de esta pesquería, fue cerrada por completo entre 1989 y 1992. Esto dio lugar a grandes problemas sociales, pero, debido a la gran organización de algunas villas pesqueras (o caletas), se implementó un esquema llamado área de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB). En este esquema, se otorgó a la villa pesquera el derecho a gestionar y explotar el recurso mediante la presentación de un estudio de línea base y de un plan de manejo (Castilla, 1997). Después de 30 años de establecido este esquema, si bien como todas las iniciativas, tiene sus problemas, sí es un

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



ejemplo de cómo la organización entre los pescadores y el gobierno puede dar lugar a una actividad productiva remunerativa y sostenible en el largo plazo (<https://fipasur.cl/2026/07/07/webinar-analiza-los-30-anos-de-las-amerb-y-los-desafios-de-la-pesca-artesanal-en-chile/>).

En Estados Unidos, la organización encargada de la administración de los recursos pesqueros es la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Esta institución coordina sus trabajos con ocho Consejos Regionales de Manejo Pesquero (Regional Fishery Management Councils) y, en conjunto, desarrolla planes de manejo pesquero, límites anuales de captura, estrategias para prevenir la sobrepesca, la recuperación de poblaciones sobreexplotadas y la reducción de la captura incidental. Todo esto se basa en evaluaciones científicas, a menudo realizadas por la propia NOAA y con la participación de pescadores, gobiernos estatales, comunidades indígenas y otros interesados (<https://www.fisheries.noaa.gov/topic/laws-policies/magnuson-stevens-act>). Aguilar Ramírez et al. (2026) señalan que Estados Unidos rige su gestión pesquera mediante una serie de leyes, como la Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act, la Endangered Species Act y la Marine Mammal Protection Act. En este país, hay varios casos de éxito en la gestión de sus pesquerías, pero los del hake (*Merluccius bilinearis*) y del pollock (*Gadus chalcogrammus*) son especialmente relevantes. La primera pesquería se desarrolla en la costa oeste de EU, mientras que la segunda se lleva a cabo en el mar de Bering, Alaska. En ambos casos, los pescadores han desarrollado acuerdos en sus cooperativas para crear un sistema de cuotas individuales que permite un porcentaje específico de la captura total permisible (Total Allowable Catch, o TAC). Esto les ha permitido a estas pesquerías ser altamente rentables, debido a que pescan a una tasa que maximiza el costo del producto y no el costo del volumen (Hilborn, 2005; Duplisea et al., 2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



China gestiona sus pesquerías mediante una autoridad rectora centralizada llamada Buró de Pesquerías (Fisheries Bureau). Esta institución se encuentra dentro del Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales (China's Ministry of Agriculture and Rural Affairs, CMARA). Esto en coordinación con los gobiernos de las provincias y la Guardia Costera China. La ley de Pesca (Fisheries Law of the People's Republic of China) prevaleciente en China fue promulgada en 1986, y es la base para proponer vedas estacionales (p. ej. the seasonal fishing moratorium), límites al número y potencia de las embarcaciones pesqueras, el otorgamiento de las licencias de pesca, programas de reducción del esfuerzo pesquero y los programas de vigilancia de observancia de la ley (Huang & He, 2019; Yuan & Pan et al., 2025). El caso de éxito más relevante de la política pesquera china está relacionado con su moratoria (summer fishing moratorium), la cual prohíbe la pesca de ciertos recursos estratégicos, pero que permite la pesca de otros recursos que pueden solventar las necesidades de sus pescadores (Yuan & Pan, 2025). Esta moratoria se basa en la información de institutos de investigación pesquera, series de captura y esfuerzo, campañas oceanográficas e índices de abundancia y biomasa para definir y evaluar el éxito de los períodos de moratoria antes y después de su aplicación (Fang et al., 2022; Zou et al., 2024). Destaca también el hecho de que China tiene un programa muy estricto de seguimiento de la Ley de Pesca llamado Fishery Law Enforcement Sword Campaign, el cual durante 2024 implicó el despliegue de 3.48 millones de inspectores (enforcement personnel), atendió 64,000 violaciones a la ley, con 2,580 procesados y confiscó 23,000 embarcaciones sin licencia (CMARA, 2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Corea del Sur es otro gran ejemplo de cómo una gestión exitosa puede tener repercusiones sociales muy positivas. Este país cuenta con un Ministerio de Océanos y Pesca (MOF por sus siglas en inglés), y es apoyado por el Instituto Nacional de Ciencias Pesqueras (NIFS por sus siglas en inglés) para la evaluación de la biología poblacional de los



recursos pesqueros y para dar recomendaciones científicas a la autoridad. Este último, claramente, es un equivalente de IMIPAS. Este país, además, cuenta con el Servicio de Manejo Pesquero (Fisheries Management Service), encargado de la vigilancia del cumplimiento de la ley pesquera, del otorgamiento de licencias, del establecimiento de vedas, de la restauración de hábitats y del establecimiento de las capturas totales permisibles (TAC) para los recursos pesqueros. (<https://www.mof.go.kr/page/en/selectPage.do?menuSeq=1583&pageSeq=1013>). Una de las particularidades más relevantes del modelo coreano es su programa de autogestión pesquera. Este programa se inició en 2001, y cuenta con un esquema muy detallado de cómo empoderar a los pescadores en varios niveles de complejidad, comenzando por las villas pesqueras con un número de participantes manejable, e incrementando el grado de complejidad hasta las cooperativas regionales (Lee, 2011; Lee & Midani, 2015). Este programa ha sido muy exitoso, tanto social como económicamente, para los pescadores, al punto de que, de 32 comunidades pesqueras en 2001, ya para 2011 se contaba con 490 (Lee & Midani, 2015), lo que incrementó los ingresos y las condiciones de vida de los pescadores. Asimismo, este país cuenta con programas de mejora de los stocks pesqueros, como el sea ranching y otros mecanismos que han sido muy exitosos para recuperar las poblaciones diezmadas por la sobrepesca y la pesca ilegal, todo en un contexto de participación muy intensa de los pescadores (Lee, 2019).

Indonesia tiene como principal autoridad al Ministerio de Asuntos Marinos y Pesca, el cual es apoyado por una Dirección General de Captura Pesquera, por una Dirección General de Vigilancia de los Recursos Marinos, por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación, así como por los gobiernos de las provincias (https://en.wikipedia.org/wiki/Ministry_of_Marine_Affairs_and_Fisheries). Toda la gestión pesquera de Indonesia se fundamenta en la Ley de Pesca 31/2004, y su modificación en la Ley 45/2009. Esto



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



instrumentos le permiten gestionar los recursos con un enfoque basado en el manejo de ecosistemas y dividir al país en 11 unidades regionales de manejo en donde se otorgan licencias, cuotas para pesquerías, vedas, restricciones para artes de pesca prohibidos, monitoreo de embarcaciones, manejo de áreas naturales protegidas, y lo más importante, mecanismos de cogestión que incorporan los saberes tradicionales de las comunidades costeras como parte de la toma de decisiones en el manejo de todos los temas antes citados (Cinner et al., 2011). Estos sistemas de cogestión han sido muy exitosos y uno de los más conocidos es el Panglima Laot, que significa “Comando del mar” y está en uso desde el siglo XVII en esta región. Este sistema de cogestión se ha aplicado con éxito en varias áreas naturales protegidas, y uno de los casos más conocidos es el del Parque Nacional Karimunjawa. En este lugar, las comunidades de pescadores junto con el gobierno tanto local como regional y federal, y las ONG discuten cuáles pueden ser las formas de generación de incentivos para las comunidades que puedan mejorar su calidad de vida, y a su vez disminuir los problemas de pesca ilegal (Cinner et al., 2011; Campbell et al., 2013). Esto no quiere decir que estén libres de problemas, en especial el de la pesca ilegal, pero la organización entre las comunidades y los diferentes niveles de gobierno ha permitido un mejor control de áreas espacialmente más restringidas, donde se encuentran las poblaciones que están cuidando para hacer un uso sostenible de ellas. Además, la procuración de alternativas productivas, como la maricultura, el turismo ecológico y el entrenamiento de las comunidades, refuerza el programa de incentivos necesario para fortalecer el cuidado de los recursos pesqueros.

Entonces, ¿Es necesario un IMIPAS o no? Sí, definitivamente sí, pues prácticamente todos los países considerados tanto por Aguilar Ramírez et al. (2026) como por los citados aquí cuentan con un aparato que les permite gestionar sus recursos pesqueros de la manera más eficiente posible. Tal como se expuso anteriormente, todos estos países cuentan con un aparato científico que provee los datos técnicos necesarios para



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

tomar decisiones en materia de política pesquera. Sin embargo, un supuesto fundamental en todos estos casos es que la producción de datos científicos y las decisiones técnicas derivadas de ellos deben estar libres de las presiones del sector pesquero. Esto es fundamental para el buen desempeño institucional. Es importante aclarar que no hay que confundir el proceso de cogestión con las presiones dirigidas a las instituciones. En un entorno, en el que no existe un proceso de cogestión declarado, lo único que se da es esta presión unilateral a las instituciones con el consiguiente fracaso en el manejo de los recursos pesqueros (Duplisea et al., 2025).

Las Estadísticas Pesqueras, IMIPAS y la RENIIPA

México cuenta con un sector pesquero muy fuerte, que puede dividirse en lo que se conoce como pesca ribereña y pesca de altura. En 2024, el país produjo alrededor de 1.9 millones de toneladas de productos acuáticos por un valor de 43.5 mil MDP (millones de pesos) (CONAPESCA, 2024). Además, México es considerado el 3° lugar en producción pesquera en América Latina y el 17° a nivel mundial. Tan solo por dar algunos ejemplos cuantitativos, México fue en 2024 el 3° lugar en producción de pulpo a nivel mundial con 40 mil ton, el 7° en producción de camarón con 254 mil ton, el 8° en producción de langosta con 3000 ton, el 10° en producción de sardina con 226 mil ton, el 14° en mojarra (tilapia) con 59 mil ton, y el 15° en atún con 7 mil ton (CONAPESCA, 2024). De esta producción, el 83% correspondió a la captura y el 17% a la acuicultura. La captura significó una extracción de 1.6 millones de toneladas en 2024 con un valor de 17.8 mil MDP. De acuerdo con información de la CONAPESCA en 2024, la infraestructura productiva de México en pesca estuvo integrada por 1725 embarcaciones mayores (de más de 20 m de eslora), 76, 876 embarcaciones menores (de 8.5-9 m de eslora), 412 plantas procesadoras y 68 puertos pesqueros. En lo que respecta a la población pesquera, para 2024 se tenía un estimado por parte de CONAPESCA de 299,374 personas dedicadas a estas actividades. De estas, 12,496 son consideradas pescadoras de altura y 230,628 son pescadores ribereños.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Finalmente, se estima que son 1.5 millones de personas relacionadas directamente con el sector. Este número incluye a transportistas, restauranteros, hoteleros, y todos aquellos que utilizan productos acuáticos para sus actividades productivas. Aquí, es muy importante definir la relación que mantiene el IMIPAS con la CONAPESCA. Un esquema del flujo de información se presenta en la Figura 1. Esto es muy importante para evitar confundir las atribuciones de las diferentes instituciones relacionadas con el sector de la pesca y la acuicultura.



Figura 1. Relación del sector pesca y acuicultura con la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA) y el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS). Brevemente, un miembro del sector (p. ej. Una cooperativa) solicita un permiso para explotar un recurso en algún lugar del país (p. ej. Pulpo). La CONAPESCA entonces le solicita a IMIPAS una opinión técnica en la que se especifique el tamaño de la población del recurso solicitado y si aún se puede asignar una cuota. Esto se le contesta a CONAPESCA mediante oficio, y esta última instancia le contesta al solicitante.

Las estadísticas de la sección anterior ofrecen una idea del tamaño del sector al que IMIPAS debe atender desde el punto de vista técnico-científico. Este Instituto conocido en el sector como INAPESCA, inició sus actividades en el 29 de agosto 1962 como el Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras (Guzmán del Proó, 2012; Rodríguez de la Cruz et al., 2014), cambió su nombre a IMIPAS en 2023 y ha sido el responsable de generar la información técnica y científica que requiere la CONAPESCA para tomar decisiones sobre el otorgamiento de permisos, concesiones, de generar información para la Carta Nacional Pesquera (CNP), la Carta Nacional Acuícola (CNA), así como de generar estudios para zonas de refugio pesquero y estudios de la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



capacidad de carga de sistemas acuáticos para su uso en acuicultura. En este caso, la CNP es un documento vinculante, es decir, de observancia obligatoria para todos los miembros del sector.

Otra de las funciones de IMIPAS es la generación de información científica aplicada al uso sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas. Esto incluye proponer nuevas artes de pesca más eficientes y amigables con el medio ambiente, proponer nuevos recursos pesqueros, así como nuevos métodos de cultivo de organismos acuáticos tanto de agua dulce como marinos. Para poder llevar a cabo su misión, IMIPAS cuenta con 14 centros de investigación llamados Centros Regional de Investigación Pesquera y Acuícola (CRIAPs) en casi todos los estados costeros del país, tres centros de transferencia tecnológica y cinco barcos (Figura 2). De estos, cuatro se encuentran en el noroeste del país y sirven para obtener información del comportamiento de recursos muy sensibles en esta región, como el recurso camarón (*Penaeus* spp.) la merluza (*Merluccius productus*), el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y de la sardina (*Sardinops sagax* y siete especies más), entre otros. El quinto barco es el Carranza Frazer, un barco oceanográfico de 60 m de eslora, seis cubiertas y con la mejor infraestructura oceanográfica, que se ha usado para investigación de recursos pesqueros potenciales como la langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) (Vallarta-Zárate et al., 2023), o los calamares (Vázquez-Ortíz et al., 2026) y que actualmente se encuentra en el Caribe Mexicano para el desarrollo de proyectos relacionados con el sargazo.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Figura 2. Infraestructura con que cuenta IMIPAS en el país para atender al sector pesca y acuicultura. Son 14 centros regionales de investigación en pesca y acuicultura (CRIAPs), 3 centros de transferencia tecnológica y 3 Estaciones biológico-pesqueras. Esto, además de 5 barcos, incluyendo al buque oceanográfico Carranza Frazer. Figura modificada a partir de la existente en el sitio <https://www.gob.mx/imipas>.

Algo fundamental de entender sobre IMIPAS es que es una paraestatal descentralizada, a diferencia de otros órganos coordinados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), como CONAPESCA. Esto le da la capacidad de generar recursos propios mediante la venta de servicios o el arrendamiento de algunos de sus recursos (p. ej., barcos). Además de los recursos institucionales, IMIPAS coordina una red denominada Red Nacional de Información e Investigación en Pesca y Acuicultura (RNIIPA), que se divide en regiones, como se muestra en la Figura 3. Esta división es muy útil porque cada región cuenta con recursos muy distintos y con instituciones de educación superior y de investigación asociadas a cada una. Se cuenta, a la fecha, con 48 instituciones académicas registradas y 280 investigadores en diversas disciplinas de la pesca y la acuicultura. Tan solo en 2024, se llevaron a cabo 60 reuniones de los comités regionales de la RNIIPA. Estas reuniones son muy importantes porque en muchos de los casos, dan lugar a lo que se conoce como las reuniones sistema-producto en donde participan no solo la CONAPESCA, el IMIPAS, sino



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



también académicos, pescadores, cooperativas y otras organizaciones del sector para tomar decisiones consensadas acerca del uso de los recursos. Este es el caso de la merluza, el camarón y el pulpo, entre otros. En estas reuniones, el IMIPAS o los académicos de la RNIIPA exponen la situación de los recursos en cuestión y, posteriormente, se toman decisiones sobre las fechas de inicio o finalización de las vedas, las cuotas de captura por barco, el número de usuarios de cada recurso, cuántos permisos quedan disponibles, etc. Para llevar a cabo estas reuniones, normalmente es fundamental contar con la información científica producida por IMIPAS a través de los cruceros oceanográficos o con los datos generados por el instituto en colaboración con los pescadores de un recurso específico (p. ej., camarón, pulpo, merluza, sardina, etc.).

Problemas en la pesca y propuestas para enfrentarlos

En la Figura 3 se presenta una lista de los problemas esenciales detectados por los directores de las regiones Pacífico y Atlántico del IMIPAS en materia de pesca. Claramente, hay varios problemas transversales a todas las regiones, lo cual, sin duda, refleja su importancia. Por esta razón, los abordaré basándome en el número de asteriscos de la Figura 3. Lo que corresponde al manejo de stocks compartidos con otros países y los conflictos operativos con el sector energético y turismo son también problemas que fueron detectados por los directores de IMIPAS como relevantes para México. Sin embargo, dado lo sensible de estos temas, un servidor interpreta que son enteramente de incumbencia del Gobierno Federal. Por esta razón, no serán mencionados en este trabajo.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Región Noroeste

- Baja California
- Baja California Sur
- Sonora
- Chihuahua
- Sinaloa
- Durango

Región Noreste

- Coahuila
- Nuevo León
- Tamaulipas
- Veracruz

Región Sureste

- Quintana Roo
- Campeche
- Yucatán
- Tabasco

Región Centro

- Zacatecas
- Aguascalientes
- San Luis Potosí
- Guanajuato
- Querétaro
- Hidalgo
- Estado de México
- Ciudad de México
- Morelos
- Puebla
- Tlaxcala

Región Pacífico Centro Sur

- Nayarit
- Jalisco
- Colima
- Michoacán
- Guerrero
- Oaxaca
- Chiapas

Interacción con COLPOS, Universidad de Chapingo para el diseño de artes de pesca alternativos y con INIFAP para el resguardo del germoplasma.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Problema	Tipo de problema	Propuesta de atención	NO	PCS	NE	SE	C
Manejo de stocks compartidos con otros países	Político	Aplicación de bases científicas	★		★		
Pesca ilegal y acciones coercitivas del crimen organizado	Estructural	Vigilancia efectiva	★	★	★	★	★
Conflictos por acceso a los recursos	Estructural y político	Definición explícita de la función pesquera (social o de negocio) y ordenamiento efectivo	★				
Pérdida de rédito	Estructural y político	Autorización objetiva del esfuerzo y aplicación de visión de negocio	★	★	★	★	

Sanciones económicas por afectaciones a la biodiversidad	Estructural y político	Educación al sector y ordenamiento pesquero efectivo	★	★	★		
Ausencias de nuevos recursos pesqueros	Estructural	Inversión en exploración pesquera y diseño de negocios pesqueros	★	★	★	★	
Conflictos operativos con el sector energético y turismo	Estructural y político	Ordenamiento efectivo y planeación conjunta entre sectores				★	
Estrés hídrico sostenido	Estructural y político	Aplicación de ciencia					★
Ausencia de manejo ambiental integrado de cuencas	Estructural y político	Aplicación de ciencia y planeación conjunta entre sectores					★
Conflicto entre usuarios por acceso al agua	Estructural y político	Aplicación de ciencia y planeación conjunta entre sectores					★
Bajo perfil del potencial productivo de las presas y lagos	Estructural y político	Aplicación de bases científicas					★

Figura 3. Problemas de la pesca por regiones de la Red Nacional de Información e Investigación en Pesca y Acuicultura (RNIIPA). Los acrónimos son los siguientes: NO: Región Noroeste, PCS: Región Pacífico Sur, NE: Región Noreste, SE: Región Sureste y C: Región Centro.

Pesca ilegal

Sin duda, este es, por mucho, el problema más grave que enfrentan los pescadores legales (aquellos registrados formalmente ante la CONAPESCA) tanto en la pesca ribereña como en la de altura del país. Ya existen varios estudios sobre esta problemática y sus graves consecuencias socioeconómicas y ambientales para las comunidades de las zonas costeras del país (Zamora Sáenz, 2022; Torres Alfaro et al., 2023; Gamboa-Álvarez et al., 2025). De estos, destaca el estudio de Zamora Sáenz (2022), ya que detalla que entre los principales problemas que genera la pesca ilegal, los más relevantes son la sobrepesca de fases tempranas de desarrollo (reclutas) y de hembras grávidas. Esto, claramente, aunado a la presión de pesca normal sobre el recurso, hace que las especies tiendan a la extinción o, desde el punto de vista económico, a la falta de rédito. Un ejemplo muy claro de esto es la totoaba (*Totoaba macdonaldi*; Cisneros-Mata, 2020) en el Golfo de California. Esto, a su vez, genera un desequilibrio social, pues mientras los pescadores legales pierden la rentabilidad de la explotación del recurso, los pescadores ilegales se benefician y mejoran su situación. Sin duda, esto, a su vez, genera conflicto de intereses entre los pescadores, subdesarrollo de las comunidades pesqueras legales, incita a la ilegalidad y propicia la corrupción como forma de vida. Finalmente, una



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

consecuencia fatal para los pescadores es la diferencia de precios entre el producto legal y el ilegal, lo cual, nuevamente, desequilibra la estructura del mercado y propicia la ilegalidad (Zamora Sáenz, 2022).

Alternativas a la pesca ilegal

Existen pocos estudios sobre cómo abordar el problema de la pesca ilegal en México. Lo cierto es que existe una coincidencia muy evidente entre lo que propone el Instituto Mexicano de la Competitividad (IMCO, 2013) y el estudio más reciente sobre el tema, el de Zamora Sáenz (2022). En el primer caso, se convocó a 25 especialistas para proponer alternativas de solución a este problema. En el segundo estudio, se convocó a 30 especialistas. En ambos casos, las propuestas giran en torno a 1) la creación de derechos de propiedad sobre los recursos pesqueros, o a mejorar los controles de pesca para favorecer la regulación; 2) la adecuación de las penas y sanciones, y a una actualización e implementación efectiva del marco legal con sanciones más rigurosas para la pesca ilegal; 3) fortalecer las capacidades de inspección y vigilancia en toda la cadena de valor y la creación de una policía marina única (esto es lo que hacen en China por cierto); 4) ambas investigaciones coinciden en la necesidad de hacer un mejor uso de la tecnología como drones, satélites, etc.; 5) ambos estudios coinciden en la necesidad de fortalecer a CONAPESCA, PROFEPA e IMIPAS, y una mejor coordinación entre ellas; 6) la generación de una base de datos pública y transparente en estos temas; 7) y ambos estudios coinciden en la necesidad de generar espacios de vigilancia comunitaria, y la capacitación de las comunidades pesqueras en temas de educación ambiental.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

De todos estos temas, se desprenden dos hechos fundamentales. Lo primero es que, claramente, este es un problema que venimos acarreado como sociedad desde hace años, que no ha tenido solución y que, de hecho, ha empeorado en tiempos recientes. Un punto crucial aquí es la imposibilidad del Gobierno de cubrir un territorio tan vasto como el de la zona costera y las aguas interiores del país. Una alternativa factible de explorar es la organización comunitaria en coordinación con las



instituciones federales, estatales y municipales, pero no a nivel de grandes territorios, sino en zonas restringidas que los pobladores locales saben que hay que proteger porque funcionan como zonas de reproducción o de crecimiento de juveniles de los diferentes recursos. Este esquema ha funcionado en otros países, como Indonesia, donde tanto las autoridades ambientales como las pesqueras trabajan en coordinación con las comunidades para identificar los sitios estratégicos y la infraestructura que deben protegerse (Campbell et al., 2013). En el mismo sentido, países como China (Huang & He, 2019) y Corea del Sur (Lee & Midani, 2015) han visto en estos esquemas de colaboración entre las poblaciones locales y las autoridades una posible ruta de control no solo de la pesca, sino también de otro de los problemas que es fundamental detener. Esto es el comercio de productos ilegales. En este tema, por supuesto, es necesario continuar con la inspección de congeladoras y bodegas de productos marinos, pero el tema principal es el comercio ilegal “hormiga” en las poblaciones costeras. Es claramente un tema de oferta y demanda. Si no creamos conciencia de que, al comprar mercancía ilegal estamos propiciando la actividad, entonces no habrá forma de terminar con el principal incentivo que genera esto: dinero. Un tema fundamental aquí es finalizar la construcción y la puesta en marcha del Sistema Nacional de Trazabilidad. Este es un tema en el cual México, a través de CONAPESCA, IMIPAS y FAO, ya está trabajando y que es instrumental para atacar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR) (https://www.gob.mx/conapesca/articulos/avanza-mexico-en-la-trazabilidad-y-vigilancia-pesquera-para-el-combate-a-la-pesca-ilegal-399634?utm_source=chatgpt.com). Este sistema permitiría atacar la pesca ilegal, porque se tendría que demostrar con documentos desde el origen hasta la venta de los productos pesqueros. Esto, a su vez, reduciría la sustitución de los productos pesqueros o el famoso “gato por liebre” (<https://mx.oceana.org/reports/gato-x-liebre-engano-en-el-noroeste/>) y protegería a los pescadores legales porque si ellos cuentan con permisos y una forma de documentar la legal procedencia, esto podría darles un mayor valor de venta. Este sistema también permitiría fortalecer el



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

manejo sustentable de las pesquerías, porque se podrían vincular legalmente los productos pesqueros a zonas de pesca y épocas permitidas, así como a las cuotas adecuadas. Finalmente, un sistema digital robusto permitiría saber qué se capturó, dónde, cuándo y por quién, desde su origen hasta su destino.

Sin embargo, queda claro que no se puede alejar a los pescadores de su fuente de trabajo sin ofrecerles alternativas realistas para mejorar sus ingresos. Tres alternativas fundamentales que pueden ser aprovechadas y apoyadas por la sociedad en su conjunto serían: 1) la acuicultura de aguas interiores y la maricultura de pequeña escala. En el medio marino costero, las alternativas más viables son el ostión (*Crassostrea* spp.) (<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/ostion-un-cultivo-completo-y-versatil>), otros bivalvos como el callo de hacha (*Atrina maura*), o la almeja generosa (*Panopea generosa*) para los cuales ya existen manuales de cultivo en IMIPAS y que son de gran valor comercial, peces marinos como los pargos (p.ej. *Lutjanus guttatus*) (<https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-pargo-lunarejo>), o las macroalgas como *Macrocystis pyrifera*, para la cual ya existe plan de manejo (https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5280840), o *Gracillaria* spp. (<https://www.fao.org/4/ab483s/AB483S06.htm>). Claramente, con excepción del ostión, en la mayor parte de los casos se requiere pasar del cultivo experimental a la escala piloto comercial, y para ello se requiere desarrollar planes de negocio que involucren a potenciales inversionistas y a las comunidades pesqueras. En el caso de aguas interiores, los esquemas de repoblación de tilapia, en especial para utilizarla como especie forrajera para alimentar especies de mayor valor comercial, como el robalo, son una alternativa muy importante a explorar tanto en zonas donde ya se cultiva, como en estados como Sinaloa, Hidalgo y otros del altiplano mexicano, así como en zonas desérticas del norte del país. Además, IMIPAS y los académicos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ya han desarrollado por completo el cultivo del pescado blanco del lago de Pátzcuaro

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

(*Chirostoma estor*) (<https://www.gob.mx/imipas/documentos/manual-para-la-produccion-de-crias-de-pescado-blanco>). Esta es una excelente alternativa para repoblar cuerpos de agua en su zona de distribución natural, y para explorar el potencial de cultivo de especies cercanas, como *Chirostoma humboldtianum* en Nayarit y Jalisco. En el sureste de México, los cíclidos nativos y en especial la mojarra castarrica *Mayaheros urophthalmus* son una excelente opción para el cultivo (<https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuacultura-mojarra-castarrica>). Una alternativa más, que será tratada en secciones posteriores, es la del turismo pesquero y el ecoturismo, actividad que ha sido declarada de interés público por el Gobierno Federal y que contempla explícitamente, entre otras, a las comunidades pesqueras (https://dof.gob.mx/nota_detalle.php%3Fcodigo%3D5782936%26fecha%3D23/03/2026?utm_source=chatgpt.com#gsc.tab=0).

Pérdida de rédito

IMIPAS tiene la responsabilidad de generar evidencia científica sobre el estado de los recursos marinos y dulceacuícolas mediante la toma de datos de campo (para ello se requieren barcos y laboratorios) y sobre el efecto de los retos ambientales, como el cambio climático, en las pesquerías (Cisneros-Mata et al., 2019). Un ejemplo muy contundente es el de los estudios poblacionales que muestran disminuciones severas en pesquerías estratégicas como el camarón (de 40,000 ton en 2024 a 5,000 ton en 2025) (Figura 4). Esto se atribuye a varios factores que van desde la sobrepesca, incluida la pesca ilegal, hasta una sobrecapitalización de la flota camaronera, expresada en un incremento del número de barcos (Quimbar Acosta, 2012), así como las afectaciones al ciclo de vida del camarón en las lagunas costeras con charangas o tapos (Villaseñor Talavera, 2012; Ladrón de Guevara, 2025), y los arrastres en el fondo marino (Cisneros-Mata et al., 2019). A esto se suman cambios en parámetros ambientales, como la temperatura y el pH del mar, derivados del cambio climático (Cisneros-Mata et al., 2019). De hecho, estos autores señalan el riesgo al que se enfrentan las poblaciones de este recurso debido al calentamiento de los océanos mexicanos, pero, más que nada, a la sobrepesca (Cisneros-Mata et al., 2019).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

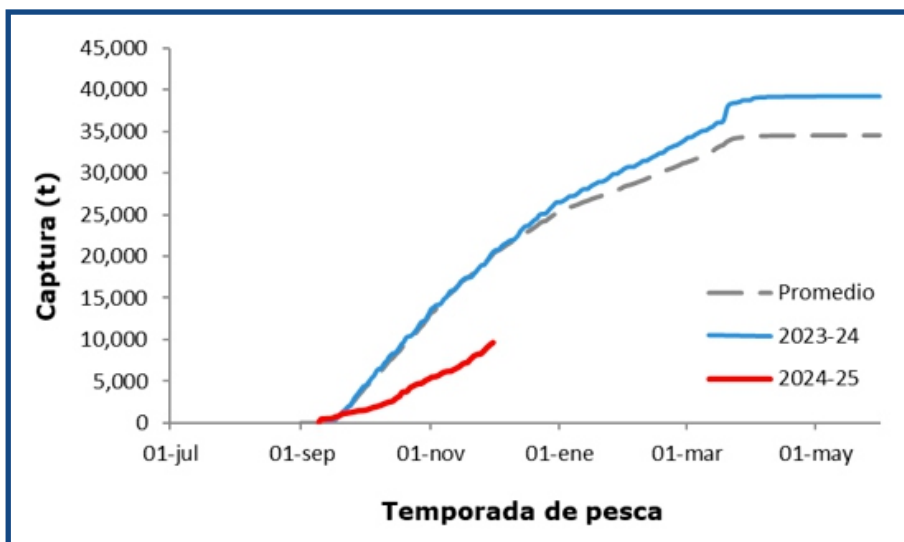


Figura 4. Captura de camarón (en miles de toneladas) para las temporadas 2023-2024 y 2024-2025. Fuente: CONAPESCA, avisos de arribo al 30 de noviembre de 2024.

En las fichas de la Carta Nacional Pesquera (CNP) se encuentra toda la información biológica y pesquera disponible sobre estos recursos. Estas fichas se pueden consultar en línea en <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/carta-nacional-pesquera-51204>. Por ejemplo, tomamos el recurso del camarón. En la CNP se consideran siete especies de camarón, de las cuales una se encuentra en franco deterioro (*Penaeus duorarum*, el camarón rosado del Golfo de México). El camarón siete barbas *Xiphopenaeus kroyeri* se encuentra en estado precautorio; es decir, no está en condiciones óptimas por sobrepesca. Finalmente tenemos otras cinco especies; (*Penaeus aztecus*, el camarón café del Golfo de México, y el camarón del Pacífico con cuatro especies: *Penaeus brevirostris*, *Penaeus californiensis*, *Penaeus stilirostris* y *Penaeus vannamei*). Estas últimas cinco especies se supone que están en buena condición, pero la última actualización de sus fichas data de 2018. Es decir, tenemos ocho años sin actualizar el estatus poblacional de estas especies, el recurso pesquero de mayor valor en México. Factores comunes a todas las especies del recurso camarón son: la veda, la Norma Oficial Mexicana (NOM) y, con excepción del camarón del Pacífico, los planes de manejo. En cambio, para ninguna hay talla mínima de captura ni cuota de captura. ¿Cuál es la consecuencia a largo plazo de esta falta de control en las pesquerías? La pérdida de



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

rédito. Es decir, si bien sigue habiendo recurso, ya no resulta rentable salir a pescarlo. Esta falta de rentabilidad no es un fenómeno privativo de México, sino que también se observa en países como Estados Unidos y Trinidad y Tobago, entre otros (Tietze et al., 2001; Liese et al., 2026). En el caso específico de México, la falta de rentabilidad se observa en la flota camaronera del Pacífico (Quimbar Acosta, 2012). Ahora, hay varios factores que afectan la actividad además de la disminución del número de individuos; entre ellos están 1) la pesca ilegal de camarón en períodos de reproducción, 2) la introducción ilegal de camarón de otros países (p. ej. Ecuador); 3) el incremento en el costo del diésel; y 4) la competencia comercial porque otros países producen camarón más barato (p. ej. Ecuador y Taiwán entre otros) por subsidio en esos países. (<https://tribunaeconomica.com.mx/publicaciones/seccion/economia/prduccion-de-camaron-registra-una-caida-de-24-en-mexico/>).

Alternativas a la pérdida de rédito

Es un hecho que la pesca de camarón se encuentra al borde de ser una actividad no rentable, al menos con el tamaño de la flota de altura con la que actualmente se cuenta en México. Sin embargo, este no es un hecho privativo de México, pues se ha presentado en muchos otros países con distintos recursos pesqueros (Squires, 2010). En este sentido, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha generado una serie de buenas prácticas para enfrentar la reducción de las flotas pesqueras, entre las cuales se contempla el desmantelamiento parcial de las flotas (OCDE, 2009). Se habla de buenas prácticas porque en muchos casos, estos desmantelamientos no han resuelto el problema de la sobreexplotación de los recursos en cuestión. Lo primero que la OCDE recomienda es establecer un objetivo claro para el desmantelamiento de la flota y es muy probable que este objetivo esté directamente relacionado con la recuperación de las poblaciones del recurso en cuestión. De hecho, se plantea que, si se incumple el objetivo, es muy probable que estos desmantelamientos resulten en un desperdicio de recursos públicos, un incremento de la presión sobre los recursos pesqueros y la creación de barreras al desarrollo futuro del sector (OCDE, 2009). Por ello, se plantea no solo el retiro de barcos, sino



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



también el de permisos y un estricto seguimiento de la recuperación del recurso. Por supuesto, también será necesario realizar un cálculo objetivo del tamaño adecuado de la flota pesquera, por zona y por especie, para mantener viable el recurso. Un punto más es que los desmantelamientos no son un objetivo en sí, sino parte de una estrategia para lograr un manejo responsable y sostenible de las pesquerías (OCDE, 2009; Squires, 2010). De hecho, a partir de 2004, el Gobierno Federal implementó el desmantelamiento de parte de la flota pesquera de camarón (Quimbar Acosta, 2012). A pesar de este retiro, un alto porcentaje de la flota camaronera de mediana altura está parada, atracada en los puertos, justamente porque los armadores dicen que ya no les resulta rentable. Esto es, ha habido un retiro de esfuerzo pesquero forzado por las circunstancias, que, al parecer, no ha resultado en un incremento del volumen. Dado esto, es claro que el abordaje debiera ser integral, a partir de datos poblacionales que incluyan, en su conjunto, los posibles factores reductores: sobrepesca (incluida la pesca ilegal), captura de camarón juvenil o preadulto en lagunas costeras y cambio climático. A esto hay que agregar los costos de insumos y la baja de los precios del camarón. En este sentido, IMIPAS podría liderar este análisis integral, fomentando el intercambio de información con otros países con los que compartimos recursos, para comparar y aprender de las mejores prácticas tanto en la pesca como en la acuacultura. Es claro que, para que esta sea una opción viable, sería necesario un estricto monitoreo y control de la recuperación del recurso, lo cual, bajo las condiciones actuales de inseguridad y pesca ilegal, hace muy poco probable el éxito de esta opción. Ahora, es claro que la CONAPESCA no cuenta con recursos para la vigilancia y, mucho menos, para enfrentar la pesca ilegal derivada del crimen organizado. Urge transferir esta responsabilidad a la SEMAR e involucrar a la mesa de seguridad del gobierno federal para combatir con contundencia este problema. Solo entonces tendrá sentido llevar a cabo reuniones entre los gobiernos federales, estatales y municipales, tanto con el sector de la flota de altura como con el sector ribereño, para discutir los objetivos de un proceso de desmantelamiento parcial de la flota hasta un nivel óptimo en el que se alcance la máxima rentabilidad y la recuperación del recurso.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



En lo que respecta a la flota ribereña, el solapamiento de las zonas de captura de camarón ha generado conflictos con la flota de altura que han persistido durante décadas (López-Regalado et al., 2025). Sin embargo, un problema común que enfrentan ambas flotas es precisamente la falta de rentabilidad de la actividad. En este caso, una de las propuestas para abordar el problema de la flota ribereña consiste en diversificar la actividad. Esta es una propuesta en la cual, otras actividades vinculadas a la actividad pesquera como la pesca deportiva, la pesca turismo, la integración de nuevas especies para atenuar la presión por pesca sobre un recurso, la acuacultura, la diversificación y adaptación de la cadena de valor, entre otras pueden ser elementos que contribuyan a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades costeras sin tener que depender directamente del volumen del recurso (Armenta Cisneros et al., 2022). A diferencia de lo que proponen en países como China, que buscan el retiro absoluto de los pescadores de la actividad pesquera (Dong et al., 2025), Armenta Cisneros et al., (2022) proponen una serie de actividades asociadas a la pesca, que permiten mantener el arraigo de los pescadores hacia sus comunidades y que a su vez ellos puedan compartir todo el caudal de conocimientos que han acumulado a lo largo de su experiencia como pescadores. Aquí coincido totalmente con la opinión de Ross (2026; <https://colegiodeoceanologos.com/2026/04/26/volumen-valor-pesca/>) en el sentido de cambiar la pesca de volumen (que ya no da más por todos los temas antes expuestos) por una de valor agregado, aprovechando el amplio conocimiento de los pescadores. De hecho, urge un estudio de preferencias del consumidor para introducir un programa de capacitación dirigido que permita a empresarios y pescadores dar valor agregado a presentaciones de mayor precio y mayor demanda, tanto a nivel nacional como internacional. El desarrollo de nuevos productos también es importante, para lo cual es recomendable crear un consorcio de universidades o institutos de investigación que trabajen en productos y subproductos derivados de las especies que hoy se cultivan o capturan y que empiezan a tener problemas de precio o de volumen. En este sentido, en Nayarit y otros estados productores, el incremento de la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



calidad del camarón seco para alcanzar certificaciones internacionales es una alternativa muy importante para darle un mayor valor de venta al producto y poder pensar en atacar estos mercados (<https://www.instagram.com/reels/DU6jKOIEloA/>).

Una estrategia más para enfrentar la disminución de las capturas es, sin duda, la acuacultura de camarón. Sin embargo, existe actualmente una distorsión del mercado por la importación de productos, principalmente de Centroamérica (<https://panoramaacuicola.com/2026/06/16/camaron-de-acuacultura-en-mexico-importaciones-distorsion-de-mercado-y-el-llamado-urgente-del-sector-productor/>). Esto es lo más inmediato que hay que resolver, y luego hay que enfrentar varios retos aún para transitar hacia la intensificación sostenible del camarón (Maldonado-Hernández et al., 2023). Por otro lado, es importante reflexionar acerca de la capacidad competitiva de la camaronicultura nacional y de que esta actividad se lleva a cabo en más del 90% en el noroeste del país. En esta zona hay una marcada estacionalidad que solo permite tener uno o dos ciclos al año (Monterey Bay Aquarium Seafood Watch, 2021), mientras que en Ecuador se pueden tener entre tres y cuatro ciclos (Boyd et al., 2021). Claramente, esto se refleja en una mayor producción de camarón en Ecuador, que puede venderse mucho más barato. Entonces, la instalación de granjas de camarón en estados como Chiapas, Guerrero y Oaxaca puede ser una alternativa para mejorar la competitividad, con la debida planeación en términos de la capacidad de carga de los ecosistemas. También es fundamental considerar estratégicamente colocar en el mercado interno la producción de camarón mediante acuacultura. En este caso, queda claro que los países que compren nuestro camarón jugarán con las reglas del mercado y lo adquirirán al mejor postor. Entonces, colocar el producto mexicano en el mercado interno, para el consumo del turismo y del consumo nacional en restaurantes mexicanos, es primordial. Ya existen algunos ejemplos en Sonora (com. pers., Mtra. Natalia Ivoneli Blancas Gallangos, Subsecretaria de Pesca de Nayarit, mayo de 2026), pero claramente se requiere una gran campaña de promoción del camarón en el mercado nacional y de la compra selectiva del producto por parte de los consumidores.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Un punto fundamental para brindar un servicio adecuado a la población pesquera y acuícola del país es la actualización anual de todas las fichas de la carta nacional pesquera. Actualmente se cuenta con 81 fichas de la CNP, de las cuales solo ocho están actualizadas a 2025. Es decir, solo el 9.87% de las fichas de la CNP están actualizadas hasta un punto en el cual puedan ser útiles para la generación de opiniones técnicas actualizadas. ¿Cuál podría ser una vía de solución? ¿Solicitar la actualización de todas las fichas por año? Sí, pero bajo las condiciones actuales esta petición podría ser injusta, ya que IMIPAS no tiene acceso a bibliotecas digitales. Esto es muy grave, porque no se puede actualizar la ficha de un recurso únicamente con los datos de campo obtenidos durante los cruceros de investigación ni con una búsqueda en internet. Muchos de los artículos cuestan y, en muchos casos, sus precios están expresados en dólares. Por tanto, urge dotar a IMIPAS de una biblioteca digital con la literatura pertinente en el ámbito de la pesca, para que pueda cumplir su función a cabalidad.

Afectaciones a la biodiversidad

IMIPAS es un actor central en la coordinación con SEMARNAT, CONAPESCA, SADER y los gobiernos estatales para el manejo de los recursos pesqueros. Ejemplos de esta interacción son los trabajos que se han llevado a cabo tanto por esta institución como por otras instancias académicas en el alto Golfo de California sobre la conservación de la vaquita marina (*Phocoena sinus*) (<https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/programas-de-investigacion-sobre-sistemas-de-pesca-en-el-alto-golfo-de-california>; <https://www.gob.mx/imipas/documentos/artes-alternativas-a-las-redes-de-enmalle-en-el-alto-golfo-de-california?state=published>), la determinación del estado de la población de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California (Cisneros-Mata, 2020 y los trabajos ahí incluidos), el desarrollo de proyectos sobre el uso sustentable del sargazo (*Sargassum* spp.) en el Caribe Mexicano (Vallarta-Zárate et al., 2026) entre otros. El problema es que muchas de estas publicaciones, a pesar de haber contribuido al conocimiento pesquero para la conservación de recursos sensibles como la vaquita



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

marina, no han generado artes de pesca ni programas aceptados por las poblaciones pesqueras, en especial en el alto Golfo de California. En el caso de la totoaba, Guevara-Aguirre y Cisneros-Mata (2020) llamaron la atención sobre la posibilidad de cambiar el estado poblacional de esta especie de “en peligro de extinción” a “especie en riesgo”, ya que existen programas de liberación de totoaba que podrían haber impactado positivamente en las poblaciones de esta especie en el Golfo de California. Sin embargo, también existe el grave problema de la pesca ilegal de totoaba y el efecto negativo que esta puede tener sobre una especie ya en situación de fragilidad.

Alternativas a las afectaciones a la biodiversidad

En el caso específico del Alto Golfo de California, es necesario desarrollar talleres con las comunidades pesqueras no solo para proponer nuevas artes de pesca, sino también para impartir talleres de bioeconomía y, junto con los actores, elaborar las herramientas necesarias para llegar a acuerdos sobre las cuotas de diferentes recursos, como el camarón, la merluza, la corvina golfina, entre otros. Sin embargo, el problema sigue siendo el ya mencionado: la falta de rentabilidad de la actividad. Por tanto, un punto crucial aquí es la diversificación de las actividades pesqueras hacia el turismo pesquero, la pesca deportiva y la maricultura, entre otras. Este tipo de alternativas se ha aplicado con éxito en países tanto desarrollados como en vías de desarrollo, como Estados Unidos, México, Italia, Grecia, España, Suecia, Vietnam, India, Bangladesh, Ghana, Kenia, Colombia, Perú, Australia, entre otros (Armenta Cisneros et al., 2022). Este tipo de estrategias también se ha aplicado con éxito en China (Huang et al., 2019; Yuan & Pan, 2025) y en Corea del Sur (Lee, 2015). En el caso específico de México, el trabajo realizado en San Blas, Nayarit, es indicativo de la pertinencia de esta estrategia (López-Regalado et al., 2025). En todo caso, la disposición de la autoridad a entender las necesidades del sector ha dado como resultado la formulación de políticas que sirven a largo plazo tanto a los usuarios de los recursos como a la autoridad, permitiendo regular su uso de acuerdo con los usuarios. Un ejemplo muy importante de este tipo de interacciones es el llevado a cabo por el pueblo Seri en Sonora para la gestión de la pesquería del “callo de hacha” (Cinner et al., 2011).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

En el caso de la totoaba, es necesario realizar una nueva evaluación del estado poblacional de esta especie en todo el Golfo de California para determinar si es razonable que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) cambie la situación de “especie en peligro de extinción” a “especie en riesgo”. Este tipo de estudios debe llevarse a cabo en coordinación con las diferentes dependencias involucradas, tanto en el manejo pesquero (CONAPESCA e IMIPAS) como en el manejo ambiental (p. ej., SEMARNAT). Finalmente, pero no menos importante, es analizar la rentabilidad del cultivo de totoaba, ahora que la tecnología está dominada por varias empresas del Golfo de California. La evaluación de la factibilidad del desarrollo de sistemas de cultivo más accesibles para grupos sociales o pequeños empresarios, como la engorda en jaulas flotantes en zonas con condiciones ambientales adecuadas (p. ej., viento moderado, alta calidad del agua), será crucial para el despegue de la producción masiva y, con ello, la incorporación de la trazabilidad y la erradicación de prácticas ilegales. Esto podría eliminar el mercado negro y masificar la producción y la comercialización.

Necesidad de nuevos recursos

Es un hecho que al menos el 23.45% de las 81 especies registradas en la CNP se encuentran en estado de deterioro (<https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/carta-nacional-pesquera-51204>). Esto es, al menos, un cuarto del total de especies consideradas oficialmente como recursos pesqueros explotables. En el Pacífico, para escama hay muchos recursos importantes en deterioro. Este es el caso del pez vela *Istiophorus platypterus*, muy cotizado por la pesca deportiva, y de los túnidos como *Auxis thazard*, *Euthynnus lineatus*, *Katsuwonus pelamis*, *Thunnus albacares*, *Thunnus orientalis*, *Thunnus obesus* y *Sardia chilensis*. En el mismo caso está la lisa del Pacífico que incluye las especies *Mugil cephalus*, *Mugil hospes* y *Mugil setosus*. En lo que corresponde a moluscos, tenemos el abulón, con varias especies (*Haliotis cracherodii*, *Haliotis corrugata*, *Haliotis fulgens*, *Haliotis rufescens* y *Haliotis sorenseni*), el caracol panocha (*Megastrea turbanica* y *Megastrea undosa*) y la almeja Catarina



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

(*Argopecten ventricosus*). Esta situación incluye otros recursos como los pepinos de mar (*Apostichopus parvimensis*, *Holothuria inhabilis* y *Holothuria impatiens*), los erizos (*Mesocentrus franciscanus*, *Strongylocentrotus purpuratus* y *Tripneustes depressus*) y los cangrejos (*Cancer johngarthi*, *Cancer productus*, *Metacarcinus anthonyi*, *Metacarcinus gracilis* y *Romaleon antenarium*) (mx.oceana.org/semaforodelapesca).

En el Atlántico, entre las especies en deterioro de la escama marina, tenemos al mero rojo (*Epinephelus morio*) y al negrilla (*Mycteroperca bonaci*); y, en el caso de peces eurihalinos, están el robalo y el chucumite (*Centropomus poeyi*, *Centropomus parallelus* y *Centropomus undecimalis*). En el caso de los crustáceos, tenemos al camarón rosado del Golfo de México (*Penaeus duorarum*), al camarón rojo (*Penaeus brasiliensis*) y al de roca (*Sicyona brevirostris*), a la langosta del Caribe (*Panulirus argus*, *Panulirus guttatus*) y a los cangrejos semiterrestres (*Cardisoma guanhumi*, *Ucides cordatus*). Y en el caso de los moluscos, hay una larga lista conformada por *Aliger gigas*, *Fasciolaria tulipa*, *Macrostrombus costatus*, *Melongena bispinosa*, *Melongena melongena*, *Sinistrofulgur perversum*, *Strombus pugilis*, *Triplofusus giganteus*, *Turbinella angulata*, las almejas *Mercenaria campechensis*, *Rangia cuneata* y *Rangia flexuosa*, y el ostión *Crassostrea virginica*. Entre los pepinos de mar, tenemos principalmente *Isostichopus badiotus* (mx.oceana.org/semaforodelapesca).

Alternativas a la necesidad de nuevos recursos pesqueros

Es fundamental iniciar conversaciones con el sector pesquero a fin de explorar la posibilidad de compartir los costos de las campañas. A lo largo de mi tiempo en IMIPAS recibí una serie de solicitudes de exploración de nuevos recursos pesqueros por parte del sector, pero solo basados en el magro presupuesto de IMIPAS. El Instituto ha sufrido recortes presupuestarios dramáticos en los últimos años, lo que limita significativamente su capacidad para explorar nuevos recursos. Por tanto, es importante priorizar la asignación de niveles presupuestales suficientes para la evaluación de los recursos pesqueros y la pesca exploratoria. Sin esto, se pone en riesgo el equilibrio ecológico, la sostenibilidad pesquera y los medios de vida de más de 300 mil familias



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



que dependen directamente de esta actividad; además es necesario llamar a la colaboración a la industria pesquera para poder contender con la exploración de nuevos recursos pesqueros.

Por otro lado, es importante entender que IMIPAS es una paraestatal descentralizada. Esto quiere decir que puede generar recursos a partir de los bienes de los que dispone. En este caso, el conveniado del tiempo que los barcos nos estén llevando a cabo investigación pesquera, puede ser aprovechado para generar recursos adicionales para el Instituto. Estos recursos, pueden ser administrados por el mismo Instituto a partir de su Reglamento de Uso de Recursos Propios, mismo que fue publicado el 9 de julio de 2019 en el Diario Oficial de la Federación ([chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpegglefindmkaj/https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n648_09jul19_reglamento.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n648_09jul19_reglamento.pdf)). Estos recursos, pueden ser utilizados al igual para la exploración de nuevos recursos pesqueros.

Sin duda, existe la necesidad de realizar investigación sobre nuevos recursos pesqueros que podrían aliviar la presión sobre varios de los recursos mencionados anteriormente, y el IMIPAS ha tratado de llevar a cabo dichos estudios. Investigaciones de IMIPAS sobre algunos de estos recursos potenciales son la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) (Vallarta-Zárate et al 2023), el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (Martínez Aguilar et al., 2004), la merluza (*Merluccius productus*) (Arizmendi-Rodríguez et al., 2026), la corvina golfina *Cynoscion othonopterus*) (Cotero Altamirano et al., 2018), entre otros. Existen muchos más recursos potenciales por explorar, y sin duda habrá que seguir llevando adelante estas investigaciones. Sin embargo, es importante mencionar que, por un lado, todos los barcos con los que cuenta el IMIPAS están comprometidos durante todo el año con un programa muy intenso de estudio de recursos ya en explotación (p. ej., camarón, medusas, langostas, etc.). Por otro lado, en el caso del buque oceanográfico Carranza Fraser es fundamental entender que, actualmente cada campaña por día tiene un costo de \$450,000 pesos mexicanos más IVA. Esto genera la necesidad de compartir con la industria el gasto destinado a la exploración de nuevos recursos pesqueros.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Pesca en agua interiores

Esta sección contiene cuatro problemas comunes a todas las regiones del país en las que se extraen productos acuáticos de aguas interiores como lagunas, lagos, presas, bordos, etc. Estos problemas son: 1) el estrés hídrico sostenido, debido a la falta de acceso a un suministro constante de agua para realizar actividades pesqueras. Este es el caso de zonas que se ubican el norte y centro del país, destacando los estados de Hidalgo (en su zona serrana como la Sierra del Mezquital), Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila. En estas zonas, las lluvias son muy escasas; hay altas temperaturas, lo que impide la formación de cuerpos de agua permanentes; hay un alto costo en el transporte del agua hacia estas zonas; y hay falta de organización y deficiente manejo de los recursos naturales, lo que trae consigo baja capacidad de inversión ([chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/831871/Acuacultura_en_Zonas_Aridas_Semifinal.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/831871/Acuacultura_en_Zonas_Aridas_Semifinal.pdf)); 2) la ausencia de un manejo ambiental integrado de cuencas. Este tema es fundamental porque, en muchos casos la imposibilidad de utilizar los recursos pesqueros de aguas interiores tiene que ver directamente con el hecho de que estos cuerpos de agua están contaminados ya sea por compuestos químicos directamente vertidos a los ríos, o por materia orgánica que puede sobrepasar los niveles de capacidad de carga de los sistemas para contender con la carga de nutrientes. Esto puede crear ambientes anóxicos que, con el tiempo, se suman a la mortalidad causada por la pesca (Magallón Barajas et al., 2007). Este último tema está directamente relacionado con el problema 3) el conflicto de acceso al agua entre usuarios. Si los cauces son retenidos río arriba, se impide que se sigan reabasteciendo, lo que puede dar lugar al secado de estos cuerpos, como es el caso de las lagunas y los bordes de ríos donde se lleva a cabo la pesca artesanal. Finalmente, el problema 4) se refiere al bajo perfil del potencial productivo de las aguas interiores. Es fundamental saber cuál es la capacidad de carga de los ecosistemas en los que respecta a la carga de nutrientes, o a la biomasa con que se pueden repoblar para poder manejarlos en el largo plazo, pues de otra manera la productividad de los sistemas puede llevar a que se



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

experimenten altas mortalidades en las pesquerías acuaculturales. Este término implica a aquellas pesquerías que dependen al menos parcialmente de la producción de organismos por acuicultura. Un punto adicional, pero no por ello menos importante es el de la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada. Esto se da por falta de inspección y seguimiento y es consecuencia de la baja priorización histórica que ha tenido la pesca continental, y la falta de investigación en recursos pesqueros nativos con alto potencial de cultivo.

Alternativas al tema de pesca en aguas interiores

Sin duda, es fundamental contar con un programa nacional que permita determinar la capacidad de carga de los ecosistemas en los que se realizan las pesquerías acuaculturales. Sin ellos, es muy probable que en el mediano plazo se tengan eventos de mortalidad masiva debido al exceso de nutrientes, ya sea producido por un exceso de alimento balanceado a jaulas flotantes, por los nutrientes acarreados por los ríos o flujos que drenen a los cuerpos de agua como presas o lagunas, o por el exceso de organismos introducidos al cuerpo de agua, cuyas heces contribuirán a rebasar la capacidad de carga del sistema (Romero Beltrán et al., 2021). De hecho, IMIPAS ha realizado este tipo de estudios en la presa Belisario Domínguez (conocida como la Angostura) en Chiapas. En este lugar se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y biológica durante un año y cuatro meses, en diez puntos de colecta, así como la determinación del nutriente limitante, entre otros análisis (Romero Beltrán et al., 2021). Lo importante de todo esto, es que estos estudios son costosos debido principalmente a la periodicidad y cobertura espacial con la que se tiene que trabajar. Es por ello que es fundamental llegar a acuerdos con los gobiernos de los estados para poder compartir los gastos y los resultados. De hecho, en IMIPAS, durante mi gestión, se firmaron al menos diez convenios de colaboración con estos gobiernos, que pueden coadyuvar a la obtención de financiamiento para llevar a cabo estos estudios. Nuevamente, también será necesario acordar con los pescadores y acuicultores de los cuerpos de agua interiores para solicitar su participación en los estudios. Esto



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

beneficiará, sin duda, a la autoridad en la recopilación de datos y a los pescadores, quienes dispondrán de la información necesaria para el manejo a largo plazo de sus cuerpos de agua. Además del trabajo antes mencionado, IMIPAS también ha llevado a cabo estudios de capacidad de carga acuícola en las siguientes presas: Nezahualcóyotl (Malpaso, Chiapas), Ángel Albino Corzo (Peñitas, Chiapas), Lic. Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato, Sinaloa), Picachos (Sinaloa), Ing. Fernando Hiriart Balderrama (Zimapán, Hidalgo-Querétaro), Aguamilpa-Solidaridad (Nayarit), el Gallo (Guerrero-Michoacán), y ha extendido su programa a sistemas costeros como la Laguna Cuyutlán (Colima), y la Bahía de San Quintín (Baja California) (https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/programa-de-capacidad-de-carga-acuicola?utm_source=chatgpt.com).

Un punto fundamental para el desarrollo en zonas áridas y semiáridas es la capacitación de la población interesada con énfasis en mujeres y jóvenes. Hasta el momento, el desarrollo de programas gubernamentales en México ha estado orientado al cultivo de la carpa ((chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/831871/Acuacultura_en_Zonas_Aridas_Semifinal.pdf). Sin embargo, la tilapia parece ser una excelente candidata en sistemas de recirculación (RAS por sus siglas en inglés). En la medida en que se pueda capacitar técnicamente a los pobladores, será posible realizar una mayor transferencia de tecnologías que consuman mucha menos agua y sean más eficientes para producir mayor biomasa por unidad de volumen (p. ej., García Hernández et al., 2024). Un punto fundamental aquí es que, no solo es necesaria la capacitación técnica sino un gran compromiso para no descuidar los sistemas. Esto, porque la acuicultura es una actividad 24/7, y en especial en sistemas de recirculación, no se puede descuidar a los organismos ni una hora, porque si se va la luz los animales mueren de asfixia por falta de oxígeno. Esta es la razón para hacer énfasis en la capacitación de mujeres y jóvenes. Esto, porque, a diferencia de los hombres que van al campo a cazar o pescar, las mujeres y jóvenes permanecen en las comunidades, y esto permite tener un cuidado mucho más estrecho de los cultivos.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Una de las alternativas importantes para los cuerpos de agua continentales son las pesquerías acuaculturales. En este caso, es muy probable que la mejor opción sea utilizar peces de bajo nivel trófico, como crías de tilapia, para alimentar peces de mayor nivel trófico (p. ej., carnívoros). Este método ha demostrado ser exitoso (p. ej., Torrans & Lowell, 2001) y sería una forma de incrementar los ingresos de los pobladores asociados a cuerpos de agua continentales. Este último punto es importante porque publicaciones recientes sugieren que la introducción de tilapia en cuerpos de agua continentales, si bien incrementa la biomasa y, por tanto, la cantidad de proteína accesible para las comunidades, al ser una especie de bajo valor comercial, no incrementa los ingresos de las comunidades (Sajina et al., 2026).

► CONCLUSIÓN

El manejo de los recursos pesqueros en México enfrenta hoy día grandes retos, en especial los asociados a la necesidad de los pescadores de mantener un ingreso digno para sus familias. Sin embargo, uno de los principales problemas es que los recursos pesqueros se encuentran en niveles de sobreexplotación, según la CNP. De hecho, 19 de los 88 recursos están en este nivel y 20 más en lo que se conoce como el máximo rendimiento sostenible (CNP: <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/carta-nacional-pesquera-51204>). Esto quiere decir que, a pesar de las regulaciones y de los mecanismos de gestión por parte de la autoridad, los recursos siguen en una tendencia de deterioro. ¿Qué hacer en estos casos? Como se mencionó en la sección introductoria, hay experiencias muy importantes desarrolladas por otros países en las que se ha demostrado que el comanejo ha sido una alternativa que ha dado frutos, en especial en países asiáticos como Corea del Sur (Lee, 2011; Lee & Midani, 2015; Lee, 2019) e Indonesia (Cinner et al., 2011; Campbell et al., 2019). Pero no solo en estos países de regiones lejanas ha funcionado. También, en un excelente ejemplo latinoamericano, Chile, con el manejo comunitario del “loco” (*C. concholepas*), ha demostrado que es posible conservar una pesquería de recursos bentónicos viable a largo plazo y rentable para las comunidades pesqueras (Castilla, 1997).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Igualmente, Estados Unidos ha sido capaz de mantener pesquerías viables como la del hake (*M. bilinearis*) y el pollock (*G. chalcogrammus*) con base en la organización de los pescadores para obtener cuotas viables para mantener los tamaños poblacionales sanos y, a su vez, mantener el mayor valor del producto en el mercado (Hilborn, 2005). Sin embargo, es claro que en México se requiere algo más para crear un programa de incentivos que, verdaderamente, aleje gradualmente a las comunidades de la dependencia total de los recursos pesqueros. Una alternativa muy interesante que debe ser evaluada en su justa medida, es la del establecimiento de verdaderos programas de comanejo a nivel de las comunidades de pescadores. Esto implica el trabajo conjunto de los gobiernos municipal, estatal y federal con facilitadores y participantes que puedan tomar decisiones, con los pescadores, pero no solo sus líderes, sino todos aquellos interesados, y las organizaciones de la sociedad civil, en especial las ONGs. Se requiere que estas reuniones se lleven a cabo en las comunidades pesqueras y que cuenten con la promoción necesaria para que asista toda la gente interesada. Aquí, métodos muy didácticos, interactivos y colaborativos similares al weTable de la Texas Sea Grant (<https://seagrants.noaa.gov/the-wetable/>), pero adaptados a nuestra realidad, pueden ser una excelente herramienta. Es fundamental lograr este tipo de interacciones que nos permitan romper con la inercia de décadas de aislamiento y desconfianza, que solo han generado rencor e inmovilidad en el sector. Si otros países han sido capaces de construir alternativas prácticas para todos, tanto para habitantes como para oficiales del gobierno, no veo por qué no podamos hacerlo. Un ejemplo muy importante es cómo Indonesia, mediante este tipo de actividades colaborativas entre todos los involucrados, ha logrado que el financiamiento tanto gubernamental como el conseguido por las ONG se oriente a planes de manejo integrales que contemplan actividades productivas alternativas como la maricultura y el turismo ecológico (e.g. Campbell et al., 2013). En México, ya se empiezan a dar estas interacciones positivas entre el gobierno y los pescadores, como es el caso de San Blas, Nayarit (López-Regalado et al., 2025), y del pueblo



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Seri en Sonora para el manejo de la pesquería del “callo de hacha” (Cinner et al., 2011). Tal vez, los siguientes pasos en México, podrían estar hacia la pesca deportiva regulada tanto en mar como en embalses como ya se ha demostrado en el caso de FONMAR (<https://fonmar.gob.mx/>), y en presas como la de Picachos en Sinaloa (<https://www.presapicachos.com/>). Asimismo, es fundamental contar con programas de capacitación en los temas que interesen a la comunidad, como el cultivo de ostión, otras almejas, peces en jaulas flotantes, cultivo de camarón, implementación de artes de pesca, etc.

Sin embargo, todas estas buenas intenciones no avanzarán si no se detiene la pesca ilegal y su complemento, la venta de estos productos pesqueros (<https://causanaturamedia.com/es/notas/celestun-pide-reforzar-vigilancia-ante-pesca-furtiva-de-pulpo-maya-estiman-unos-150-pescadores-involucrados>; Gamboa-Álvarez et al., 2025). Este es uno de los principales detractores del desarrollo pesquero en el país actualmente, pero se inicia desde la fórmula básica de la bioeconomía: la oferta y la demanda. Si no dejamos de comprar o de almacenar producto ilegal, no habrá forma de detener el deterioro tan evidente que tienen muchos de los recursos pesqueros más afectados, como el camarón, los caracoles, el pepino de mar, la langosta en el Golfo de México, el erizo de mar, el abulón, el pepino de mar del Pacífico o el pez vela, entre tantos otros (<https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/carta-nacional-pesquera-51204>). Por otro lado, está bien visto que, si no hay un nivel de forzamiento, las actividades ilegales continúan; entonces herramientas como el Global Fishing Watch de Oceana (<https://globalfishingwatch.org/our-map/>) u otras alternativas similares disponibles actualmente, pueden ser muy útiles para los gobiernos. Sin embargo, es un hecho que las extensiones de mar a cubrir son enormes, y por tanto no hay flotas de la Armada de México que puedan atender todos los potenciales casos ¿Cuál es la alternativa? Al parecer, lo que mejor ha funcionado en países como Corea del Sur, Indonesia y Chile, ha sido la vigilancia comunitaria de pequeñas extensiones en colaboración directa



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

con las autoridades locales y federales (Cinner et al., 2011; Lee, 2019). Este tipo de alternativas es muy importante, puesto que emanan de las comunidades, que son las que conocen los sitios de pesca que hay que proteger, y que, junto con las autoridades, pueden implementar programas que verdaderamente protejan las zonas de criadero y crecimiento de los recursos de los que las comunidades pesqueras dependen críticamente. Sin embargo, esta vigilancia será imposible si no se erradica el verdadero problema: el crimen organizado, que mantiene el control de las actividades pesqueras y de las transacciones comerciales, tanto en las zonas costeras como en las aguas interiores. Por tanto, finalizo con un llamado muy urgente a las fuerzas federales, estatales y municipales para extirpar de una vez por todas este cáncer que está matando a la pesca en México.

► AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Mayra Ixchel Grano Maldonado, por la invitación a participar en este volumen y por su gentileza al revisar una primera versión de este manuscrito. Al Dr. Alejandro Flores Nava por su revisión y sus atinados comentarios sobre una versión temprana de este trabajo. A la Lic. Armida Cedillo Aco, por su gran capacidad con el material gráfico, por su forma inteligente de afrontar cada uno de los retos que se nos presentaron y por su gran calidad humana. Al Dr. Enrique Morales Bojórquez, por su profesionalismo, su alta calidad académica y, sobre todo, por su amistad. Al Biól. Luis Beléndez por compartir su experiencia para afrontar los problemas en el sector. Al Dr. Isaac Rojas por compartir su experiencia. Al Dr. Alejandro Rodríguez por su buena disposición para afrontar todas las vicisitudes que se presentaron a lo largo del camino. Al M. en C. Eduardo Mendoza Quintero Mármol, por toda la energía y creatividad que desplegó durante su tiempo en IMIPAS y, sobre todo, por su amistad incondicional. A todos los Jefes de los Centros Regionales de Investigación Pesquera y Acuícola (CRIAPs) del país por su solidaridad y amable trato. A la Lic. Rita Ayón, por su gran capacidad



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

organizacional, por compartir su experiencia, su solidaridad y su gran calidad humana. Al Lic. Aldo Flores, por su amistad y su gran conocimiento y capacidad para resolver asuntos legales. A la Lic. Anyelí Velázquez por su siempre gentil actitud y disposición para resolver los asuntos de Recursos Humanos. A la Sra. Lucelva Valdés por su muy amable disposición para mantener en orden los asuntos de la Dirección General y por su amistad. A la Lic. Karla Guerrero, por su enorme capacidad organizativa para resolver problemas y por su amistad durante el tiempo que compartimos en IMIPAS. Al Lic. Juan Antonio López, por su gran habilidad en temas computacionales y por su paciencia y gentileza. A la Lic. Ismerai Gómez, por su siempre amable disposición para resolver las problemáticas relacionadas con el área de control institucional y por compartir su gran experiencia, y al Lic. Luis Uribe, por compartir su enorme experiencia en el servicio público y su gran capacidad organizacional.

► LITERATURA CITADA

Aguilar Ramírez, D., Haro Ávalos, H., Márquez García, E., Villaseñor Talavera, R., Balmori Ramírez, A., Rivera Parra, I., Nevárez Martínez, M., Madrid Vera, J. & Barrera Guevara J. C. (2026). Desafíos, oportunidades y perspectivas de la pesca y la acuicultura para México en el entorno mundial. Honorable Cámara de Diputados LXVI Legislatura (en proceso de aprobación), 106 p. https://www.researchgate.net/publication/389466020_Analisis_Global_de_la_Pesca_y_la_Acuicultura_2025_Desafios_Oportunidades_y_Perspectivas_para_Mexico.

Arizmendi-Rodríguez, D. I., Alvarez-Trasviña, V. H. Cruz-Escalona, C. Enciso-Enciso, R. Rosas-Luis, & M. S. Zuñiga-Flores. (2026). *Merluccius productus*: Evidence of a Specialized Predator in the Gulf of California Ecosystem. *Marine Ecology* 47 (1), pp. e70072. <https://doi.org/10.1111/maec.70072>.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Armenta Cisneros, M. H., Ojeda Ruiz de la Peña, M. A., Marín Monroy, E. A. & Hernández-Trejo, V. (2022).** La diversificación económica de los pescadores de pequeña escala y sus contribuciones en los objetivos de la Agenda 2030. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 17 (4), pp. 1-26, e799. DOI: <https://doi.org/10.21919/remef.v17i4.799>.
- Boyd, C. E., Davis, R. P., González Wilson, A., Marcillo, F., Brian, S., McNevin, A. A. (2021).** Resource use in whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* farming in Ecuador. *Journal of the World Aquaculture Society* 52 (4), 772-788.
- Campbell, S. J., Kartawijaya, T., Yulianto, I., Prasetya, R. & Clifton, J. (2013).** Co-management approaches and incentives improve management effectiveness in the Karimunjawa National Park, Indonesia. *Marine Policy* 41, pp. 72-79.
- Castellanos-Cabrera, R. & Cosavalente-Sánchez, M. (2019).** Biología reproductiva del molusco univalvo. (2019). *Ciencia & Desarrollo*, 2, pp. 7-11. <https://doi.org/10.33326/26176033.1995.2.35>
- Castilla, J. C. (1997).** The sustainable use of marine coastal resources in Chile: co-management and the artisanal fishing community scale. In *Science for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*, Third World Academy of Sciences, 6th Gen. Conf. and 6th Gen. Meet., Rio de Janeiro, Brazil, pp. 138–147.
- Cisneros-Mata M. A., Mangin T., Bone J., Rodriguez L., Smith S. L. & Gaines S. D. (2019).** Fisheries governance in the face of climate change: Assessment of policy reform implications for Mexican fisheries. *PLoS ONE* 14 (10), pp. e0222317. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222317>
- Cisneros-Mata, M. A. (2020).** Evaluación de la población de *Totoaba macdonaldi*. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura, Mexico City. ISBN: 9 7 8 - 6 0 7 - 8 2 7 4 - 1 9 - 2 . https://www.researchgate.net/publication/342988843_Evaluacion_de_la_poblacion_de_Totoaba_macdonaldi.
- CMARA (China's Ministry of Agriculture and Rural Affairs) (2025).** Ministry of Agriculture and Rural Affairs Releases “China Fishery Administration Sword 2024” Top Ten Enforcement Cases. Available online at: http://www.yyj.moa.gov.cn/yzgl/202303/t20230302_6421978.htm (Accessed Jul. 30, 2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- CONAPESCA (2024).** Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural, Mazatlán, Sinaloa, México. (<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>).
- Cotero Altamirano, C. E., Enciso-Enciso, C., Hernández-Escalante, L., Zobeyda-Brasil, L., Valles-Rios, H., & Venegas, B. (2018).** Reproducción de la curvina golfinia *Cynoscion othonopterus* en el Golfo de California. *Ciencia Pesquera* 26 (2), pp. 37-46.
- Duplisea, D. E., Eddy, T. D., Robertson, M. D., Ruiz-Díaz, R., Solberg, C. A. & Zhang, F. (2025).** The ghosts of overfishing past that haunt present day fisheries management *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 82, pp. 1-14 10.1139/cjfas-2024-0295.
- Fang, G., Yu, H., Wang, X., Sheng, H., Tang, Y., Liu, C., Chen, C. & Liang, Z. (2022).** Impact of summer moratorium on set-net fishery in Haizhou Bay, China. *Journal of Oceanology and Limnology* 40, pp. 1678–1691. DOI: 10.1007/s00343-021-0479-1.
- Gamboa-Álvarez, M. A., Soto-Vázquez, J. M., Poot-Salazar, A. V., Cana-Hernández, S., Chavez-Villegas, J. F., Pensamiento-Villarauz, S., Gutiérrez-Pérez, C., Rojas-Gonzalez, R. I. & Aguilar-Perera, A. (2025).** Evidence of illegal fishing of *Octopus maya* in the Campeche Bank, Southern Gulf of Mexico. *Marine Policy* 179, pp. 106767. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106767>.
- García Hernández, N., Lizarazo Osorio, A. S., Villamil Diaz, L. M., Cobo Ángel, M. I., & Montes Rodríguez, C. D. (2024).** Modelo de crecimiento de tilapia en sistemas de recirculación para acuicultura. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. <https://doi.org/10.26507/paper.3828>
- Guevara-Aguirre, D., & Cisneros-Mata, M. A. (2020).** Evaluación de riesgo de extinción de *Totoaba macdonaldi*. En M. A. Cisneros-Mata (Ed.), Evaluación de la población de *Totoaba macdonaldi* (Cap. 7). Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Guaymas, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Ciudad de México.



- Guzmán del Prío, S. A. (2012).** Origen y remembranza histórica del Instituto Nacional de Pesca. *Ciencia Pesquera* 20, pp. 3-7.
- Huang, S. & He, Y. (2019).** Management of China's capture fisheries: Review and prospect. *Aquaculture and Fisheries* 4, pp. 173-182. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.05.004>
- Hilborn R., Orensanz J. M. & Parma A. M. (2005).** Institutions, incentives and the future of fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360, pp. 47-57. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1569>
- Ladrón de Guevara Barradas, G. (2025).** Tendencia de la pesca artesanal de camarón en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis de Maestría en Manejo de Ecosistema Marinos y Costeros. Universidad Veracruzana, 83 p. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://www.uv.mx/pozarica/mmenc/files/2025/03/Tesis_Maestria_90_GonzaloLadrondeGuevaraBarradas.pdf.
- Lee, S. G. (2011).** Institutional Strategies and Effective Mechanism of Fisheries Self-governance in Korea. *International Journal of Agriculture and Forestry* 1 (1), pp. 21-31. doi:10.5923/j.ijaf.20110101.04
- Lee, S. G. & Midani A. R. (2015).** Fishery self-governance in fishing communities of South Korea. *Marine Policy* 53, pp. 27-32.
- Lee, S. G. (2019).** Marine Stock Enhancement, Restocking, and Sea Ranching in Korea. In *Wildlife Management - Failures, Successes and Prospects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78373>.
- Liese, C., Emory, M., Furman, K., Gervasi, C., McPherson, M., Shoffler, S., Walter, J. (2026).** Snapshot: Economics of the Gulf of America Federal Shrimp Fishery. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-795, 26 p. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://www.fisheries.noaa.gov/s3/2026-03/Gulf-Shrimp-Economic-Snapshot-Report-Final-NMFS-SEFSC-795.pdf?utm_source=chatgpt.com.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



López-Regalado, F., Arce, A., van Dijk, H. (2025). Fugitive species, biopolitical meshworks. Fishing ontologies and the rise of the public in San Blas (Nayarit) Mexico. *Maritime Studies* 24, pp. 25. <https://doi.org/10.1007/s40152-025-00409-0>

Magallón Barajas, F. J., Villareal Colmenares, H., Arcos Ortega, F., Avilés Quevedo, S., Civera Cerecedo, R., Cruz Hernández, P., González Becerril, A., Gracia López, V., Hernández Llamas, A., Hernández López, J., Ibarra Humpries, A. M., Lechuga Deveze, C., Mazón Suáztegui, J. M., Muhlia Melo, A. F., Naranjo Páramo, J., Pérez Enríquez, R., Porchas Cornejo, P., Portillo Clark, G., & Pérez Urbiola, J. C. (2007). Orientaciones estratégicas para el desarrollo sustentable de la acuicultura en México. Publicaciones especiales del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Cámara de Diputados. LX Legislatura. <https://dspace.cibnor.mx:8443/bitstream/handle/123456789/2987/1649%20DESARROLLO%20SUSTENTABLE%20DE%20LA%20ACUACULTURA%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Maldonado Hernández, I., Leos-Rodríguez, J. A., Aguilar-Gallegos, N., Sagarnaga-Villegas, L. M. & Astorga-Ceja, J. (2023). Transición a la intensificación sostenible en el cultivo de camarón: retos y oportunidades. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 23 (2), 143 - 165. <https://doi.org/10.7201/earn.2023.02.06>

Martínez Aguilar, S., Morales-Bojórquez, E., Díaz-Uribe, J. G., Suárez-Higuera, M. C. & Hernández-Herrera, A. (2004). La Pesquería del Calamar Gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California. Recomendaciones de Investigación y Tácticas de Regulación. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 77 p.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Monterey Bay Aquarium Seafood Watch (2021). Environmental sustainability assessment of farmed whiteleg shrimp from Mexico produced in ponds Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.seafoodwatch.org/globalassets/sfw-data-blocks/reports/s/seafood-watch-farmed-whiteleg-shrimp-mexico-27647.pdf

Quimbar Acosta, J. R. (2012). La sobrecapitalización de las pesquerías en México: El caso de la sardina y camarón de altamar. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 413-428.

Rodríguez de la Cruz, M. C., Olvera Limas, R. M., Fuentes Castellanos, D., Palacios Fest, M., Rosales Juárez, F., García Sandoval, S., Ortiz Quintanilla, M., Lorán Núñez, M., Morales Díaz, A. & Merced Díaz López, M. L. (2014). Instituto Nacional de Pesca. 50 años de existencia. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Honorable Cámara de Diputados LXII Legislatura / Congreso de la Unión. 67 p. ISBN 978-607-9423-44-5 https://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/virtual_lxii.htm

Romero Beltrán E., Rendón Martínez J.R., Gaspar Dillanes M.T., Torres Rodríguez L.M., Osuna Bernal D.A., Romero Correa A., Mauricio Payán J.A., Medina Osuna P.M., Valdez Ledón P. & Mora Cervantes I. (2021). Capacidad de carga de la presa Belisario Domínguez (La Angostura). Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA), Ciudad de México. ISBN 9 7 8 - 6 0 7 - 8 2 7 4 - 2 6 - 0 . https://www.researchgate.net/publication/356508098_Capacidad_de_carga_de_la_presa_Belisario_Dominguez_La_Angostura



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Sajina, A. M., Vaisakh, G., Lohit Kumar, K., Kumari, S., Das A. K., Manna R. K., Solanki, J. K., Ali Y. & Das B. K. (2026). Introduction pathways and ecological impacts of Nile tilapia in a large tropical reservoir of India: implications for management. *Aquatic Living Resources*, 39, pp. 10. DOI: <https://doi.org/10.1051/alr/2026003>

Tietze, U.; Prado, J.; Le Ry, J-M.; Lasch, R. (2001). Techno-economic performance of marine capture fisheries and the role of economic incentives, value addition and changes of fleet structure. Findings of a global study and an interregional workshop. FAO Fisheries Technical Paper. o. 421. Rome, FAO. 2001. 80 p. https://www.fao.org/4/y2786e/y2786e01b.htm?utm_source=chatgpt.com

Torrans, L. & Lowell, F. (2001). Use of Tilapia as Supplemental Forage for Channel Catfish Broodstock. *North American Journal of Aquaculture* 63, pp. 215–221.

Torres Alfaro, D. C., Carpio Domínguez, J. L. & Castro Salazar, J. I. (2023). Pesca ilegal en México durante el período 2010-2022. Una exploración desde la Criminología Verde. *Revista Mexicana de Ciencias Penales* 21, pp. 119–144. DOI: 10.57042/rmcp.v7i21.665.

Vallarta-Zárate, J. R. F., Vásquez-Ortiz, M., Payán-Alejo, J., Rojas-González R. I. (2023). Patrones de distribución de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en la costa occidental de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94, pp. e944862.

Vásquez-Ortiz, M., Vallarta, R., Osuna-Soto, J. E., Pérez-Flores E. V., López-Altamirano L. R. & Rojas-González, R. I. (2026). Environmental Drivers of Jumbo Squid During Fishery Collapse in the Gulf of California (2019–2024). *Fisheries Oceanography* 35(4), pp. 477–491. DOI: 10.1111/fog.70033.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Villaseñor Talavera, T. (2012).** Pesca de camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 281-313.
- Yuan W. & Pan X. (2025).** The fishing moratorium regime under the framework of global marine governance: insights from China. *Frontiers in Marine Science* 12, pp. 1679193. doi: 10.3389/fmars.2025.1679193.
- Zamora Saenz, I. (2022).** Diagnóstico sobre la pesca ilegal en México (Panel de especialistas). Visor Ciudadano, 76 (Marzo). Ciudad de México: Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República. 28 p. <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx>
- Zou J., Jin X., Shan X., Ren Y. & Chen Y (2024).** Whether the summer fishing moratorium can improve the status of fisheries resources in the Yellow Sea and Bohai Sea *Heliyon*, 2024, pp. 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38100>.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Revisión Científica

Parásitos metazoarios asociados a especies del género *Centropomus* del Océano Pacífico: una revisión de los últimos 20 años

Metazoan parasites associated with species of the genus *Centropomus* from the Pacific Ocean: a review of the last 20 years

1. J. Ángel Gibrian López-Ceseña

0009-0001-9064-5608

Universidad Autónoma de Sinaloa,
Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán,
Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: gibran.lopez.facimar@uas.edu.mx

Recibido 30 de abril 2026

Aceptado 14 de agosto 2026

Parásitos metazoarios asociados a especies del género *Centropomus* del Océano Pacífico: una revisión de los últimos 20 años

Metazoan parasites associated with species of the genus *Centropomus* from the Pacific Ocean: a review of the last 20 years

► RESUMEN

El presente trabajo es una revisión de los parásitos helmintos reportados en peces del género *Centropomus*, conocidos como róbalos, del océano Pacífico en los últimos 20 años. Los róbalos son peces de importancia económica y comercial en diversas regiones del mundo. En el océano Pacífico se pueden encontrar seis especies: *Centropomus armatus*, *C. medius*, *C. nigrescens*, *C. robalito*, *C. unionensis* y *C. viridis*. Al ser especies de importancia, es necesario conocer su fauna parasitaria, lo que contribuye a generar información sobre aspectos ecológicos, así como sobre sanidad e inocuidad, y a prevenir posibles enfermedades zoonóticas. A lo largo de los últimos 20 años se han realizado investigaciones al respecto en las que se reportan 4 taxones: Digenea, Monogenea, Acanthocephala y Nematoda, siendo los primeros dos los más reportados. La mayoría de estas investigaciones han sido realizadas en México; sin embargo, este trabajo evidencia una gran falta de información al respecto, ya que, para el caso de *C. medius* y *C. unionensis* no existen registros concretos de su fauna parasitaria. Por ello, se recomienda realizar investigaciones para generar información al respecto y contribuir a comprender mejor las relaciones ecológicas entre parásitos y sus hospederos.

Palabras clave: róbalos, monogeneos, digeneos, nematodos, acantocéfalos



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

The present work is a review of the helminth parasites reported in fish of the genus *Centropomus*, commonly known as snooks, from the Pacific Ocean over the last 20 years. Snooks are economically and commercially important fish in several regions of the world. Six species can be found in the Pacific Ocean: *Centropomus armatus*, *C. medius*, *C. nigrescens*, *C. robalito*, *C. unionensis*, and *C. viridis*. As they are key species, it is necessary to understand their parasitic fauna, which contributes to generating information on ecological aspects, as well as health and food safety, preventing potential zoonotic diseases. Throughout the last 20 years, research has been conducted on this matter, reporting four taxa: Digenea, Monogenea, Acanthocephala, and Nematoda, with the first two being the most frequently reported. Most of these studies have been carried out in Mexico; however, this work evidences a significant lack of information, as there are no concrete records of the parasitic fauna for *C. medius* and *C. unionensis*. Therefore, further research is recommended to generate information on this topic and contribute to a better understanding of the ecological relationships between parasites and their hosts

Keywords: snooks, monogeneans, digeneans, nematode, acanthocephalans.

► INTRODUCCIÓN

1. Parásitos

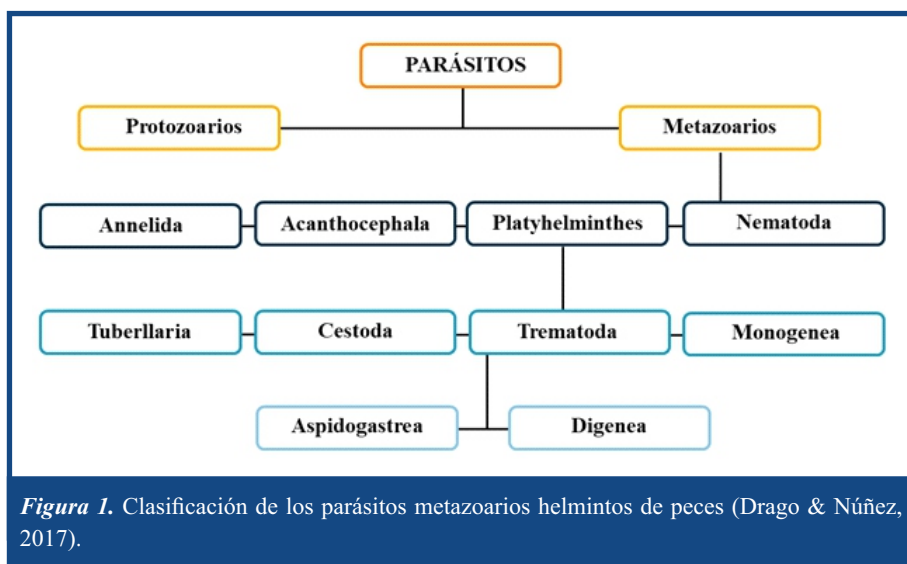
En la naturaleza existen relaciones simbióticas entre organismos de un mismo ecosistema, en las que al menos uno se beneficia; un ejemplo de ello es el parasitismo (Poulin, 2011). Los parásitos son organismos que viven sobre o dentro de otro, llamado hospedero, y le causan daño (Goater *et al.*, 2014), por ejemplo, lesiones cutáneas, enfermedades, modificaciones en su comportamiento, pérdida de tejido, anemia e incluso la muerte (Iwanowicz, 2011). Esta simbiosis es una de las estrategias evolutivas de supervivencia más exitosas; el parásito, al infectar al hospedero, obtiene alimento, refugio y dispersión (Wenk & Renz, 2013). Los parásitos tienen la capacidad de infectar a un gran



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

número de hospederos, como aves, mamíferos, reptiles, peces e incluso humanos, por lo que están presentes en casi todos los ambientes del planeta (Leung & Koprivnikar, 2016; Grano-Maldonado *et al.*, 2018; Sato, 2021). De manera general, se pueden clasificar los parásitos en dos grandes grupos: ectoparásitos y endoparásitos, esto depende del sitio de infección (Bellay *et al.*, 2015). En el caso de los peces, los ectoparásitos se encuentran en la piel, aletas, escamas y branquias (Scheiffler *et al.*, 2022), mientras que los endoparásitos se encuentran en el estómago, intestinos, hígado, cerebro, ciegos pilóricos, etc. (Bellay *et al.*, 2015). Los parásitos helmintos, mejor conocidos como gusanos, son muy comunes en peces, estos participan en sus ciclos de vida como hospederos definitivos u hospederos intermediarios (Auld & Tinsley, 2015). Existen cuatro Phyla diferentes: Annelida, Acanthocephala, Nematoda y Platyhelminthes, dentro de este último encontramos la clase Monogenea y la subclase Digenea (Figura 1) (Drago & Núñez, 2017).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Los parásitos son piezas clave para el funcionamiento de los ecosistemas (Hatcher *et al.*, 2012). Por ejemplo, actúan en el control demográfico al frenar el crecimiento de las poblaciones; esto impide la saturación de los hábitats o el desplazamiento de unas especies por otras, lo que favorece la biodiversidad (Wood & Johnson, 2015). También, participan en el intercambio energético en las redes tróficas conectando los niveles

inferiores y superiores (Thompson *et al.*, 2005), impulsan la selección natural al forzar al hospedero a desarrollar defensas inmunológicas o estrategias más avanzadas de supervivencia (Roulin *et al.*, 2003). Actualmente ciertas especies de parásitos funcionan como bioindicadores ecológicos, ya que, la calidad y diversidad de los mismos están relacionadas con la calidad o salud de los ecosistemas (Vidal-Martínez & Wunderlich, 2017).

1.1 Phylum Acanthocephala

Los acantocéfalos (Phylum Acanthocephala; Figura 2) constituyen un grupo de endoparásitos obligados de amplia distribución en ecosistemas acuáticos y terrestres (Dezfuli & Giari, 2021). Se caracterizan por presentar un cuerpo alargado, pseudocelomado y bilateralmente simétrico, dividido en probóscide, cuello y tronco (Taraschewski, 2008).

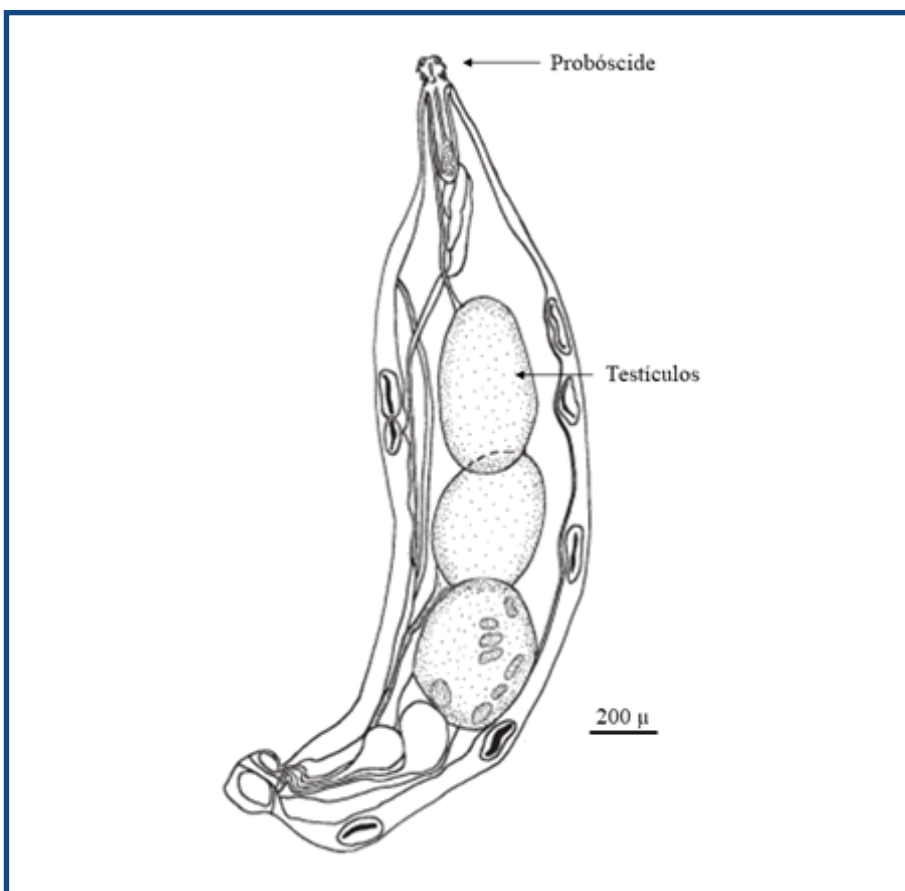


Figura 2. *Neoechinorhynchus brentnickol* (macho) (Monks *et al.*, 2011).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Su característica morfológica distintiva es una probóscide retráctil y evaginable armada con múltiples hileras de ganchos cuticulares, cuya morfología, disposición y número son de valor taxonómico (Dezfuli & Giari, 2021). Este órgano se encuentra conectado a un complejo sistema de músculos retractores y estructuras hidráulicas internas, que permiten su protrusión y retracción, facilitando la fijación al intestino de su hospedero (Nickol, 2006).

Carecen por completo de aparato digestivo, sistema circulatorio y sistema respiratorio, por lo que la nutrición y el intercambio gaseoso se realizan a través de un tegumento especializado que incrementa la eficiencia de absorción de nutrientes previamente digeridos por el hospedero (Dezfuli & Giari, 2021). Con respecto a su reproducción, los acantocéfalos son dioicos y presentan un marcado dimorfismo sexual, con hembras generalmente de mayor tamaño (Smith & Rodríguez, 2025). El sistema reproductor masculino incluye testículos, conductos deferentes, vesícula seminal y glándulas cementantes (Davydenko & Nikishin, 2024). En el caso de las hembras el sistema reproductor es más complejo, destacando la presencia del “aparato selector uterino”, estructura encargada de discriminar los huevos fecundados maduros (con acantor completamente desarrollado) de aquellos inmaduros, regulando así su liberación al medio externo (Davydenko & Nikishin, 2023). Los huevos son liberados junto con las heces del hospedero definitivo y poseen cubiertas multilaminares altamente resistentes a condiciones ambientales adversas (Taraschewski, 2008).

Su ciclo de vida es indirecto (heteroxeno) y típicamente involucra uno o más hospederos intermediarios, comúnmente artrópodos como crustáceos y anfípodos (Rodríguez *et al.*, 2017). Tras la ingestión de los huevos embrionados por el hospedero intermediario, eclosiona la larva acantor, que atraviesa la pared intestinal y se transforma en acantela, estadio en el que se inicia la diferenciación de los órganos internos (Dezfuli & Giari, 2021). Posteriormente, la larva evoluciona a cistacanto,

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

fase infectiva caracterizada por la invaginación de la probóscide (Taraschewski, 2008). La transmisión al hospedero definitivo (vertebrado) ocurre mediante la depredación del hospedero intermediario infectado; una vez en el intestino, el cistacanto se evagina, se fija firmemente a la mucosa mediante la probóscide armada y completa su maduración a adulto (Al-Jahdali *et al.*, 2015).

1.2 Phylum Nematoda

Los nematodos (Phylum Nematoda) (Figura 3) constituyen uno de los grupos más diversos y abundantes del reino animal; encontramos especies tanto de vida libre como parásitas gran variedad de especies acuáticas y terrestres (Molnár *et al.*, 2006); tanto invertebrados como vertebrados, incluyendo al ser humano (Van-Sluijs *et al.*, 2025). Morfológicamente, presentan un cuerpo cilíndrico, alargado, no segmentado y afilado en ambos extremos (Hodda, 2022), recubierto por una cutícula multilaminar compuesta principalmente por colágeno, secretada por una hipodermis sincitial subyacente que se renueva periódicamente mediante procesos de muda (Molnár *et al.*, 2006). Poseen un pseudoceloma que actúa como esqueleto hidrostático, lo que permite el movimiento mediante contracciones de la musculatura longitudinal, lo que genera un desplazamiento ondulatorio característico del Phylum (Decraemer *et al.*, 2019). Poseen un sistema digestivo completo y funcional, que se extiende desde la boca hasta el ano, con estructuras especializadas como estiletes, cápsulas bucales, dientes y labios, presentes en especies parásitas, adaptadas a distintos modos de alimentación (Choudhury & Cole, 2008). El sistema excretor es de tipo glandular o tubular, y el sistema nervioso está organizado alrededor de un anillo periesofágico, con cordones nerviosos longitudinales (Hodda, 2022).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

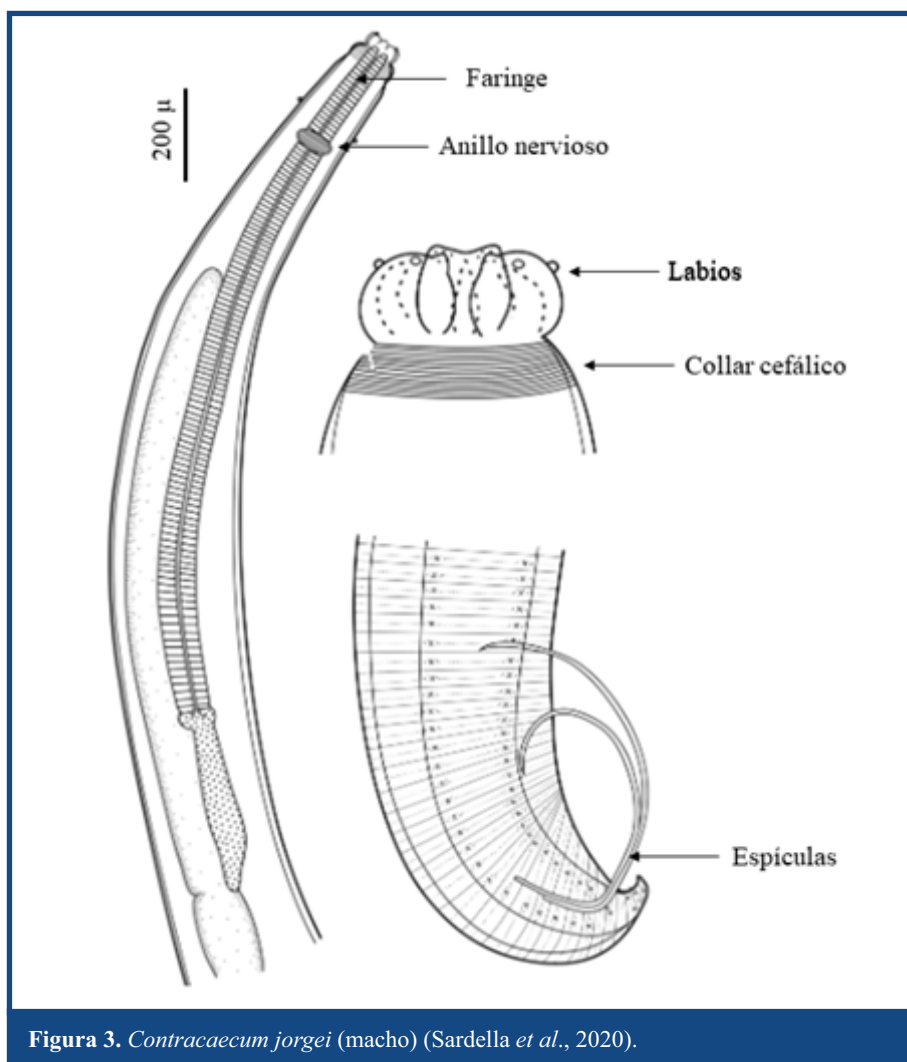


Figura 3. *Contracaecum jorgei* (macho) (Sardella *et al.*, 2020).

Con respecto a su reproducción, la mayoría de los nematodos son dioicos y presentan dimorfismo sexual (Nisbet *et al.*, 2004); los machos generalmente son de menor tamaño y con el extremo posterior curvado ventralmente, provistos de estructuras copulatorias como espículas y gubernáculo (Basyoni & Rizk, 2016). Las hembras poseen un sistema reproductor tubular que puede ser didelfo o monodelfo, con una alta capacidad reproductiva (Zograf *et al.*, 2008). En términos de desarrollo, los nematodos presentan un patrón de crecimiento mediante estadios larvarios (L1–L4) separados por mudas, siendo el estadio L3 frecuentemente el infectivo en especies parásitas (Decraemer *et al.*, 2019). Sus ciclos de vida pueden ser directos (monoxenos) o indirectos (heteroxenos), en los que, en este último caso, intervienen hospederos



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

intermediarios o vectores biológicos, como artrópodos (Bodri, 2022). La transmisión ocurre por diversas vías, entre ellas ingestión de huevos embrionados o larvas, penetración cutánea activa o inoculación por vectores (Labaude & Griffin, 2018). Fisiológicamente, muchos nematodos parásitos presentan adaptaciones a condiciones de hipoxia, utilizando metabolismos anaerobios facultativos, y poseen complejos mecanismos de evasión inmunológica, como la secreción de moléculas inmunomoduladoras que interfieren con la respuesta del hospedero (Choudhury & Cole, 2008).

1.3 Clase Cestoda

La clase Cestoda agrupa helmintos endoparásitos obligados del Phylum Platyhelminthes (Figura 4), altamente especializados (Gardner, 2024). Presentan un cuerpo dorsoventralmente aplanado, acelomado y típicamente segmentado en una serie de unidades repetitivas denominadas proglótides que en conjunto constituyen el estróbilo; este se origina a partir de una región proliferativa conocida como cuello, situada inmediatamente posterior al escólex (Willms & Sotelo, 2001). El escólex, localizado en el extremo anterior, constituye el principal órgano de fijación y exhibe una notable diversidad morfológica (Olson *et al.*, 2011), que incluye estructuras como ventosas (acetábulos), un rostelo armado con ganchos quitinosos o botrios longitudinales, según el grupo taxonómico, lo que refleja adaptaciones específicas al microhábitat intestinal del hospedero definitivo (Gardner, 2024). Una característica distintiva de los cestodos es la ausencia completa de sistema digestivo, por lo que la adquisición de nutrientes se realiza exclusivamente por absorción a través de un tegumento sincitial altamente especializado, recubierto de microtrichias que incrementan significativamente la superficie y facilitan el transporte activo y pasivo de moléculas, además de desempeñar funciones en la evasión de la respuesta inmunitaria del hospedero (Mustafina & Biserova, 2022).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

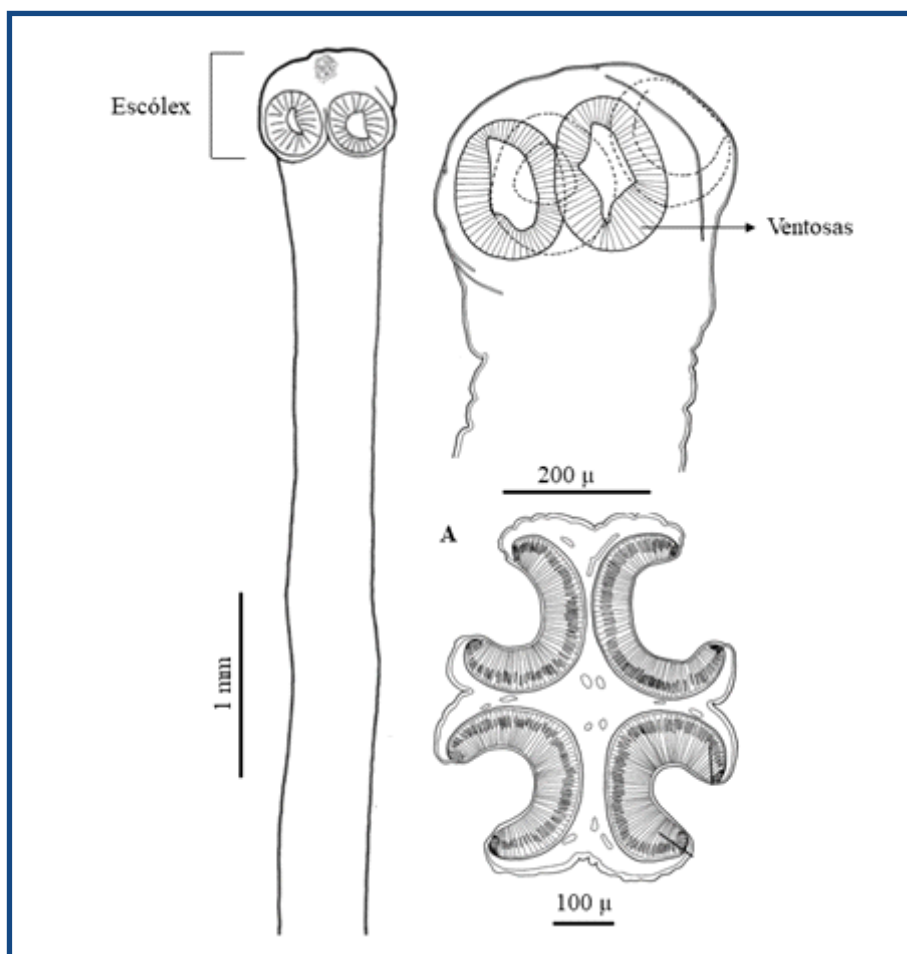


Figura 4. *Laruella perplexa*, A. Sección transversal del escólex (Scholz *et al.*, 2022).

Desde el punto de vista reproductivo, los cestodos son hermafroditas protándricos, y cada proglótide madura contiene sistema reproductor masculino y femenino completamente funcionales (Georgiev *et al.*, 2006), lo que permite tanto la autofecundación como la fecundación cruzada entre proglótides del mismo o de diferentes individuos (Pandian, 2020). Las proglótides grávidas, cargadas de huevos embrionados que contienen oncosferas hexacantas, se desprenden distalmente y son liberadas al ambiente a través de las heces del hospedero definitivo, constituyendo la principal fase de dispersión (Gardner, 2024).

Su ciclo de vida es típicamente indirecto y heteroxeno, e involucra uno o más hospederos intermediarios en los que se desarrollan diversos estadios larvarios, tales como cisticercos, cisticercoides, plerocercoides,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

estrobilocercos o hidátides, cuya morfología y localización tisular varían según la especie (Beveridge, 2014). Estos estadios larvarios presentan adaptaciones específicas para la transmisión trófica, ya que, la infección del hospedero definitivo suele producirse mediante la ingestión de tejidos infectados (Yong & Erasmus, 2025). Los hospederos intermediarios incluyen una amplia gama de invertebrados (principalmente artrópodos) y vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), lo que refleja la gran plasticidad ecológica del grupo (Gardner, 2024). Los cestodos adultos se localizan predominantemente en el tracto gastrointestinal de los vertebrados, donde pueden provocar efectos patológicos que van desde leves alteraciones nutricionales hasta obstrucciones intestinales severas, según la carga parasitaria (Beveridge, 2014).

1.4 Clase Monogenea

La clase Monogenea comprende un grupo de helmintos ectoparásitos obligados del Phylum Platyhelminthes (Figura 5), caracterizados por presentar un haptor, una estructura especializada dotada de ganchos o ventosas que les permite sujetarse a su hospedero (Buchmann & Bresciani, 2006). Poseen un cuerpo dorsoventralmente aplanado, acelomado y no segmentado, con una organización morfológica altamente especializada para la vida sobre la superficie de sus hospederos, principalmente peces, aunque también se han registrado en anfibios, reptiles y mamíferos (Snyder & Clopton, 2005; Kearn, 2011; Grano-Maldonado *et al.*, 2018; Rubtsova *et al.*, 2018). El haptor exhibe una notable diversidad estructural e incluye complejos sistemas de ganchos, anclas (hamuli), barras y, en algunos grupos, abrazaderas (clamps), que permiten una adhesión firme a tejidos como branquias, piel o aletas, incluso bajo condiciones de flujo constante de agua (Whittington & Chisholm, 2008). En el extremo anterior, presentan estructuras cefálicas glandulares y, en algunos casos, órganos de fijación accesorios que facilitan la interacción inicial con el hospedero (Buchmann & Bresciani, 2006).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

A diferencia de otros gusanos planos, los monogeneos poseen un sistema digestivo incompleto, con boca, faringe muscular y ciegos intestinales ramificados, pero carecen de ano, por lo que los desechos se expulsan por la misma abertura oral (Arafa *et al.*, 2013). Presentan ocelos o manchas oculares en la parte anterior cerca de la boca, estas estructuras funcionan como órganos fotorreceptores simples que no forman imágenes, pero, captan la dirección e intensidad de la luz (Cable & Tinsley, 1991). El sistema excretor es de tipo protonefridial, con células flamígeras, mientras que el sistema nervioso sigue un patrón ortogonal, con ganglios anteriores y cordones longitudinales bien definidos (Zurawski *et al.*, 2021).

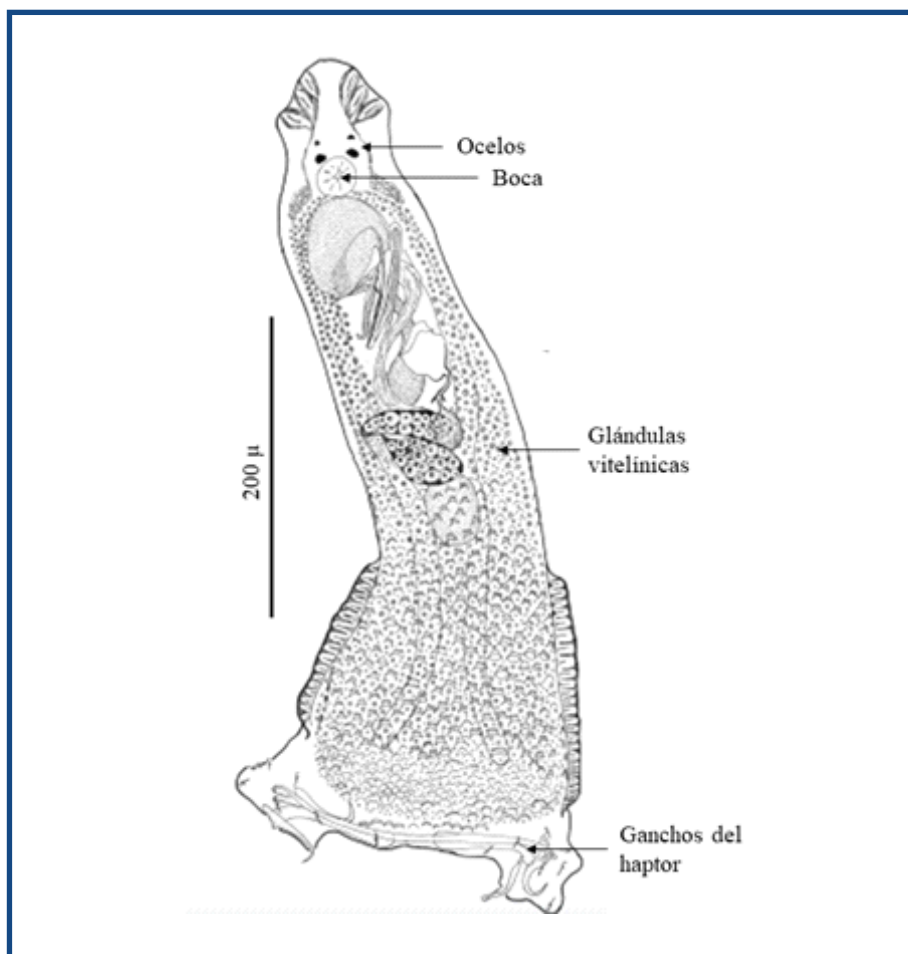


Figura 5. *Rhabdosynochus viridisi* (Montero-Rodríguez *et al.*, 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

La mayoría de los monogeneos son hermafroditas, con sistemas reproductores masculino y femenino que incluyen estructuras especializadas, como el órgano copulador (cirro) y los receptáculos seminales; presentan tanto autofecundación como fecundación (Hoi, 2020). Existen excepciones como los miembros del género *Gyrodactylus*, que son vivíparos y presentan un fenómeno de desarrollo embrionario en cadena, donde embriones en distintos estadios se desarrollan dentro de otros embriones, gracias a esto, se les conoce como “muñecas rusas” (Buchmann & Bresciani, 2006). El ciclo de vida de los monogeneos es típicamente directo (monoxeno), sin la participación de hospederos intermediarios, lo que los diferencia marcadamente de otros grupos de helmintos (Vanhove *et al.*, 2024). El estadio larvario, denominado oncomiracidio, es ciliado, de vida libre y de corta duración, altamente especializado para localizar y colonizar al hospedero adecuado mediante señales químicas y mecánicas (Hutson *et al.*, 2018). Una vez adherido, el organismo se desarrolla rápidamente hasta alcanzar la madurez sexual, lo que favorece tasas de infestación elevadas en condiciones de alta densidad, como en sistemas acuícolas (Grano-Maldonado *et al.*, 2018; López-Ceseña *et al.*, 2024).

1.5 Subclase Digenea

La subclase Digenea, perteneciente al Phylum Platyhelminthes (clase Trematoda) (Figura 6), agrupa helmintos endoparásitos obligados caracterizados por un cuerpo dorsoventralmente aplanado, no segmentado y recubierto por un tegumento que participa activamente en la absorción de nutrientes, la protección frente a las enzimas digestivas y la modulación de la respuesta inmunitaria del hospedero (Cox, 2015; Madhavi & Bray, 2018).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

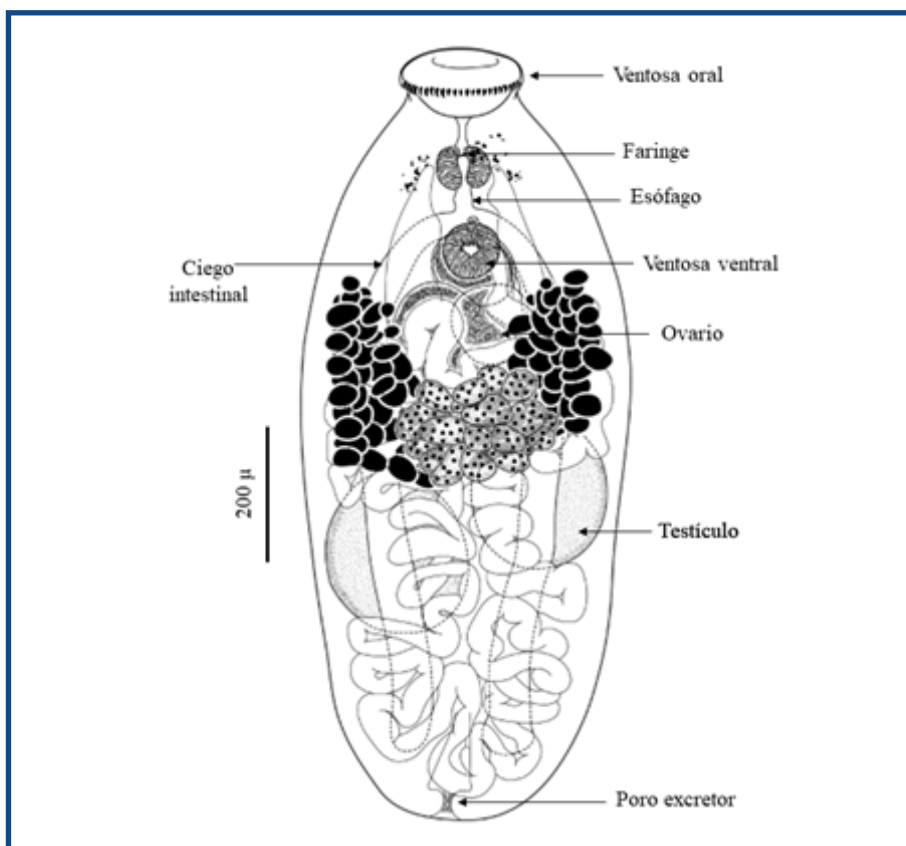


Figura 6. *Siphoderina poulini* (Miller & Cribb, 2008).

Poseen un sistema digestivo incompleto, formado por una boca anterior rodeada por una ventosa oral, seguida de una faringe muscular y de un esófago que se bifurca en dos ciegos intestinales sin apertura anal (Paperna & Dzikowski, 2006). Adicionalmente, poseen una ventosa ventral (acetábulo) que, junto con la oral, facilita la fijación al hospedero (Bullard & Overstreet, 2008). Los digéneos parasitan una amplia variedad de órganos y tejidos en vertebrados, incluyendo sistema digestivo, hígado, pulmones, sistema circulatorio, entre otras estructuras, mostrando una notable plasticidad ecológica y adaptativa (Cribb *et al.*, 2014).

La mayoría de los digéneos son hermafroditas, con sistemas reproductores masculino y femenino bien desarrollados en un mismo individuo, aunque existen excepciones notables, como los esquistosomátidos, que presentan sexos separados (dioicos) y dimorfismo sexual marcado (Cortés-Carbonell & Fried, 2019). La



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

reproducción sexual ocurre en el hospedero definitivo, donde se producen huevos con embriones en desarrollo, que son liberados al ambiente a través de las heces, la orina u otras secreciones (Paperna & Dzikowski, 2006). El ciclo de vida de los digéneos es indirecto (heteroxeno) y, de forma obligatoria, involucra al menos un hospedero intermediario, típicamente un molusco, en el que se desarrollan múltiples fases de reproducción asexual (esporoquistes y redias) (Cribb *et al.*, 2014). A partir de estas fases se producen cercarias, larvas móviles que abandonan el molusco y pueden infectar directamente al hospedero definitivo o bien enquistarse como metacercarias en un segundo hospedero intermediario (frecuentemente peces, anfibios o invertebrados), facilitando así la transmisión (Niewiadomska & Pojmanska, 2011). Se encuentran alrededor de todo el mundo, su importancia médica, veterinaria y ecológica es considerable, ya que numerosas especies provocan enfermedades zoonóticas como la esquistosomiasis y diversas trematodiasis transmitidas por el consumo de alimentos contaminados (Chai & Jung, 2022; Buonfrate *et al.*, 2025).

2. Género *Centropomus*

El género *Centropomus* (Lacépède, 1802) comprende un grupo de peces teleósteos pertenecientes a la familia Centropomidae, comúnmente conocidos como róbalos, que presentan una amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales del continente americano, abarcando tanto el océano Pacífico como el Atlántico (Figueiredo-Filho *et al.*, 2021). Estos peces habitan principalmente en ambientes costeros, estuarinos y lagunares, mostrando una notable tolerancia a las variaciones de salinidad (eurihalinidad), lo que les permite incursionar en sistemas de agua dulce, como ríos y lagunas interiores, durante distintas etapas de su ciclo de vida (Malcher *et al.*, 2025). Morfológicamente, los representantes de este género se caracterizan por un cuerpo alargado y comprimido lateralmente, cubierto de escamas ctenoides, una cabeza robusta con boca terminal protráctil y mandíbula inferior prominente, así como por una línea lateral oscura que se extiende desde el opérculo hasta la aleta caudal, lo que constituye uno de



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

los rasgos diagnósticos más distintivos (Vergara-Chen, 2014). Presentan dos aletas dorsales separadas (la primera con radios espinosos y la segunda con radios blandos), una aleta caudal ligeramente emarginada y una coloración predominantemente plateada, con matices que pueden variar según la especie, el hábitat y la ontogenia (Figueiredo-Filho *et al.*, 2021).

El género incluye 13 especies reconocidas por World Register of Marine Species (WoRMS) distribuidas de manera diferencial entre ambas vertientes oceánicas; en el Pacífico encontramos *Centropomus viridis*, *C. nigrescens*, *C. robalito*, *C. medius*, *C. armatus* y *C. unionensis*, mientras que en el Atlántico encontramos *C. undecimalis*, *C. parallelus*, *C. pectinatus*, *C. mexicanus*, *C. ensiferus*, *C. irae* y *C. poeyi*, lo que evidencia procesos de diversificación asociados a barreras geográficas y gradientes ambientales (Froese & Pauly, 2026). Desde el punto de vista reproductivo, los róbalos exhiben hermafroditismo protándrico, en el que los individuos maduran inicialmente como machos y posteriormente pueden cambiar a hembras a medida que aumentan de tamaño y edad, una estrategia que favorece la maximización del éxito reproductivo (Assis *et al.*, 2019). La reproducción ocurre generalmente en zonas costeras o estuarinas, con desoves estacionales asociados a factores ambientales como la temperatura, la salinidad y el fotoperiodo (Figueiredo-Filho *et al.*, 2021). Las larvas y juveniles suelen desarrollarse en hábitats protegidos, como manglares y lagunas costeras, que actúan como áreas de crianza esenciales (Perera-García *et al.*, 2011).

En conjunto, los peces del género *Centropomus* constituyen un componente clave en la dinámica de los ecosistemas costeros, actuando como depredadores oportunistas que cambian de presa según el hábitat que ocupan (Blewett *et al.*, 2006). Y como especies de importancia socioeconómica para las pesquerías artesanales y comerciales (Oliveira, 2019). Su plasticidad ecológica, sus complejos patrones de vida y su sensibilidad a los cambios ambientales los convierten en organismos de gran interés para estudios de biología, manejo pesquero, conservación e incluso para su viabilidad en sistemas de acuicultura (Figueiredo-Filho *et al.*, 2021; Contreras-García *et al.*, 2025).

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

2.1 *Centropomus* spp. del océano Pacífico

El océano Pacífico, además de ser el más grande, se caracteriza por albergar una gran diversidad de especies marinas, desde el plancton hasta los grandes mamíferos (Messmer *et al.*, 2011). Esta diversidad es un sustento económico para las comunidades costeras; un gran número de pescadores aprovechan muchas especies de peces que no son aprovechados por la pesca industrial a través de la pesca artesanal (Brown *et al.*, 2018). Un grupo de peces aprovechados en este tipo de pesca son los róbalo, peces de alto valor comercial en diversas regiones del mundo (da Silva *et al.*, 2020). Específicamente, en el océano Pacífico se encuentran seis especies de róbalo: *C. viridis*, *C. nigrescens*, *C. robalito*, *C. medius*, *C. armatus* y *C. unionensis* (Figura 7) (Froese & Pauly, 2026).

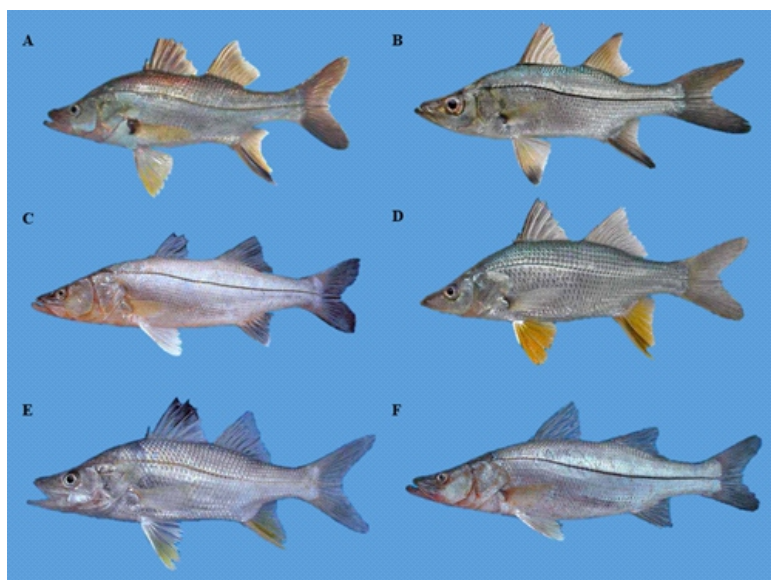


Figura 7. Especies de róbalo del océano Pacífico. A. *Centropomus armatus*, B. *C. medius*, C. *C. nigrescens*, D. *C. robalito*, E. *C. unionensis*, F. *C. viridis*. Fotografías tomadas de Smithsonian Tropical Research Institute (2026).

El género *Centropomus* ha sido objeto de diversos estudios filogenéticos para la diferenciación de especies, ya que es un grupo evolutivamente conservado (Tringali *et al.*, 1999). Tradicionalmente, esta familia incluía los géneros *Centropomus*, *Lates* y *Psammoperca*; sin embargo, estudios filogenéticos recientes han respaldado la separación de estos dos últimos



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

en una familia independiente denominada *Latidae* (Malcher *et al.*, 2025). Estas investigaciones han permitido esclarecer con mayor precisión las relaciones evolutivas dentro del género *Centropomus*, confirmando su monofilia y revelando patrones de diversificación asociados a eventos geológicos y ambientales en las costas americanas (Vergara-Chen, 2014). A lo largo de la historia, 30 especies habían sido descritas dentro de este género, sin embargo, Meek & Hildebrand (1925) sinonimizaron y reconocieron cuatro especies del Pacífico: *C. robalito*, *C. armatus*, *C. unionensis* y *C. nigrescens*. Posteriormente se reconocieron *C. medius* y *C. viridis* posicionándolas como especies elevadas, ambas representan especies geminadas transistmicas de sus congeneres correspondientes del Atlántico, *C. pectinatus* y *C. undecimalis*. *C. ensiferus* y *C. robalito* del Pacífico (Vergara-Chen, 2014). Esto, significa que estas especies están estrechamente relacionadas, sin embargo, se encuentran separadas geográficamente, su morfología es bastante similar siendo difícil su diferenciación. Debido a esto, se sugiere realizar métodos moleculares o revisar aspectos morfológicos específicos como las escamas de la línea lateral o el número de branquioespinas (Tabla 1) (Rivas, 1986)

Tabla 1. Aspectos biológicos, ecológicos y morfológicos de las especies de *Centropomus* spp. del océano Pacífico.

	Especies					
	<i>C. armatus</i>	<i>C. medius</i>	<i>C. nigrescens</i>	<i>C. robalito</i>	<i>C. unionensis</i>	<i>C. viridis</i>
DIS	Boca del Golfo de California-Norte de Perú	Boca del Golfo de California-Norte de Perú	Sur de Baja California y este central del Golfo de California-Ecuador	Sur del Golfo de California-Ecuador	Sureste del Golfo de California-Perú	Baja California Sur y el Golfo de California central- Perú
TMR	37	58.8	117	35	36.6	131
PMR	352	3140	2700	345	318.3	2380
NBR	20-25	18-23	11-13	19-26	22-24	12-15
CAA	Negruzca-amarilla	Negruzca-marrón	Negruzca	Amarilla	Plateada-amarilla	Negruzca
CLL	Negruzca	Negruzca	Negruzca	Clara	Clara	Negruzca
ELL	51-56	53-65	74-97	50-54	48-50	70-106

DIS: Distribución; TMR: Talla máxima reportada (cm); PMR: Peso máximo reportado (g); NBR: Número de branquioespinas; CAL: Color aleta anal; CLL: Color línea lateral; ELL: Escamas línea lateral; PRO: Profundidad (m); ALM: Alimentación



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Estas seis especies son de gran importancia pesquera y altamente aprovechadas; incluso, en los últimos años se han realizado investigaciones enfocadas al cultivo de róbalo en sistemas de acuicultura, específicamente de *C. nigrans*, *C. medius* y *C. viridis*; esta última especie se reconoce como la más rentable debido a un mayor crecimiento (Montoya-Ponce *et al.*, 2024). Sin embargo, un aspecto que se deja de lado es la sanidad acuícola, ya que, existen pocos estudios sobre la fauna parasitaria de estas especies y al llevarlas a acuicultura que son sistemas confinados generadores de estrés, se disparan las infecciones parasitarias causando mortalidades, tal es el caso del monogeneo *Rhabdosynochus viridisi* en *C. viridis* (Enríquez-Benavides *et al.*, 2025)

3. Parásitos helmintos del género *Centropomus* del océano Pacífico

En peces del género *Centropomus* del océano Pacífico se han reportado cuatro taxones de helmintos parásitos, específicamente: Digenea, Monogenea, Acanthocephala y Nematoda (Tabla 2). Sin embargo, las investigaciones sobre la fauna parasitaria de estos organismos son muy escasas. Para el caso de *C. nigrescens* y *C. robalito* sí existen descripciones completas en vida silvestre (Violante-González *et al.*, 2010, 2011); en el caso contrario de *C. medius* y *C. unionensis*, de los cuales no hay registros concretos de los parásitos que puedan albergar. Para el caso de *C. viridis* los estudios de su parasitofauna se han enfocado específicamente al monogeneo *Rhabdosynochus viridisi* quien causa daño en el tejido branquias y provoca mortalidad (López- Moreno *et al.* 2024; Enríquez-Benavides *et al.*, 2025). Sin embargo, tampoco existen registros de su parasitofauna. De manera general el taxón mayormente reportado en el género *Centropomus* del océano Pacífico son los digeneos principalmente encontrados en el intestino de sus hospederos (Violante-González *et al.*, 2010).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 2. Parásitos helmintos reportados en peces del género *Centropomus* del océano Pacífico en los últimos 20 años.

Parásito	Hospedero	Hábitat	Lugar	Referencia
DIGENEA				
<i>Ascoctyle longa</i> (Ransom, 1920)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Corazón, hígado y mesenterios	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> , 2010, 2011
<i>Bucephalus margaritae</i> (Ozaqui & Ishibashi, 1934)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010
<i>Austrodiplostomum compactum</i> (Lutz, 1928)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Ojos	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> , 2010, 2011
<i>Neopocreadium marinum</i> (Manter, 1947)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010
<i>Paracryptogonimus yamagutii</i> (Lamothe, 1969)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010, 2011
<i>Paropocoeilus parupenei</i> (Yamaguti, 1970)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010, 2011
<i>Plagiocirrus cf. primus</i> (Van Cleave & Mueller, 1932)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (MacCallum, 1921)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Músculo	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010
<i>Pseudacaenodera cristata</i> (Yamaguti, 1965)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010
<i>Pseudoacanthostomum panamense</i> (Caballero, Bravo-Hollis & Grocott, 1953)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Mesenterios y paredes intestinales	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010, 2011
<i>Stephanostomum baccatum</i> (Nicoll, 1907)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010, 2011
<i>Stephanostomum ditrematis</i> (Yamaguti, 1939)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante- González <i>et al.</i> 2010



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



MONOGENEA

<i>Cornutohaptor nigrescens</i> (Mendoza-Franco, Violante-González & Vidal-Martínez, 2006)	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Branquias	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010, 2011
<i>Rhabdosynochus alterinstitus</i> (Mendoza-Franco, Violante-González & Vidal-Martínez, 2008)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Branquias	Guerrero, México	Mendoza-Franco <i>et al.</i> 2008 y Violante-González <i>et al.</i> 2010
<i>Rhabdosynochus lituparvus</i> (Mendoza-Franco, Violante-González & Vidal-Martínez, 2008)	<i>Centropomus robalito</i>	Branquias	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2011
<i>Rhabdosynochus pacificus</i> (Montero-Rodríguez, Mendoza-Franco & López Téllez, 2020)	<i>Centropomus viridis</i>	Branquias	Jalisco, México	Montero-Rodríguez <i>et al.</i> 2021
<i>Rhabdosynochus siliquais</i> (Mendoza-Franco, Violante-González & Vidal-Martínez, 2008)	<i>Centropomus robalito</i>	Branquias	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2011
<i>Rhabdosynochus</i> sp.	<i>Centropomus viridis</i>	Branquias	Sinaloa, México	Morales-Serna <i>et al.</i> 2021
<i>Rhabdosynochus viridisi</i> (Montero-Rodríguez, Mendoza-Franco & López Téllez, 2020)	<i>Centropomus viridis</i>	Branquias	Jalisco, México	Montero-Rodríguez <i>et al.</i> 2021,
<i>Rhabdosynochus viridisi</i>	<i>Centropomus viridis</i>	Branquias	Sinaloa, México	Caña-Bozada <i>et al.</i> 2021, López-Moreno <i>et al.</i> 2024, y Mirabent-Casals <i>et al.</i> 2025 Enríquez-Benavides <i>et al.</i> 2025 y López-Ceseña <i>et al.</i> , 2026



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

<i>Rhabdosynochus volucrisi</i> (Mendoza-Franco, Violante-González & Vidal-Martínez, 2008)	<i>Centropomus robalito</i>	Branquias	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2011
--	-----------------------------	-----------	------------------	--------------------------------------

ACANTOCEPHALA

<i>Floridosentis mugilis</i> (Bullock, 1962)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010
<i>Neoechinorhynchus brentnickoli</i> (Monks, Pulido-Flores & Violante-González, 2011)	<i>Centropomus robalito</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2011
<i>Neoechinorhynchus cf. golvani</i> (Salgado-Maldonado, 1978)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010
<i>Pseudoleptorhynchoides lamothei</i> (Salgado-Maldonado 1976)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010
<i>Southwellina hispida</i> (Van Cleave, 1916)	<i>Centropomus nigrescens</i>	Hígado y mesenterios	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010

NEMATODA

<i>Anisakis</i> sp.	<i>Centropomus armatus</i>	Intestino	Buenaventura, Colombia	Castellanos <i>et al.</i> 2018
<i>Contracaecum jorgei</i> (Mancini, Salinas, Simoes & Luque, 2020)	<i>Centropomus armatus</i>	Cavidad celómica	Panamá, Panamá	González-Serrano <i>et al.</i> 2025
<i>Contracaecum</i> sp.	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Mesenterios	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010, 2011
<i>Cucullanus</i> sp.	<i>Centropomus robalito</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2011
<i>Echinocephalus</i> sp.	<i>Centropomus nigrescens</i>	Mesenterios	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010
<i>Eustrongylides</i> sp.	<i>Centropomus nigrescens</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010
<i>Hysterothylacium perezii</i> (Gopar-Merino, Osorio-Sarabia & García-	<i>Centropomus nigrescens</i> y <i>Centropomus robalito</i>	Intestino	Guerrero, México	Violante-González <i>et al.</i> 2010,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Prieto, 2005)				2011
<i>Philometra centropomi</i>	<i>Centropomus robalito</i>	Músculo	Guerrero,	Violante-
(Caballero y Rodríguez,			México	González <i>et</i>
1974)				<i>al.</i> , 2011
<i>Sebekia</i> sp.	<i>Centropomus</i>	Hígado,	Guerrero,	Violante-
	<i>nigrescens</i>	estómago y	México	González <i>et</i>
		mesenterios		<i>al.</i> 2010

Estos estudios son de gran importancia no solo a nivel ecológico, sino también, en el ámbito de la seguridad alimentaria, por ejemplo, en *C. armatus* se ha reportado la presencia de *Anisakis* sp. parásito de riesgo zoonótico (Castellanos *et al.*, 2018). En el caso de los acantocéfalos, se han encontrado con mayor frecuencia en *C. nigrescens*, y se han reportado tres especies diferentes en el mismo estudio (Violante-González *et al.*, 2010). Además del vacío de información de los parásitos helmintos presentes en *C. medius* y *C. unionensis* tampoco se conocen las especies de cestodos que puedan estar presentes en este género.

► DISCUSIÓN

El análisis de la parasitofauna asociada al género *Centropomus* del océano Pacífico revela un conocimiento aún fragmentado y taxonómicamente sesgado, lo que evidencia importantes vacíos de información. De las seis especies reportadas para esta región, únicamente *C. nigrescens* y *C. robalito* concentran la mayor parte de los registros parasitológicos (Violante-González *et al.*, 2010, 2011), mientras que para *C. medius* y *C. unionensis* no hay información disponible, lo que evidencia una marcada desigualdad en el estudio del grupo. Asimismo, aunque *C. viridis* ha sido recientemente incluido en estudios de monogeneos, particularmente del género *Rhabdosynochus* (Caña-Bozada *et al.* 2021; Morales-Serna *et al.*, 2021; López-Moreno *et al.*, 2024; Enríquez-Benavides *et al.*, 2025; López-Ceseña *et al.*, 2026), el conocimiento sigue siendo limitado y se centra en un solo grupo, sin una caracterización integral de sus helmintos parásitos.

En términos de diversidad parasitaria, los digeneos constituyen el grupo



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

mejor representado, seguidos de nematodos, acantocéfalos y monogeneos, lo que sugiere la importancia de los róbalo como hospederos intermediarios y definitivos en los complejos ciclos de vida de los parásitos (Marcogliese, 2005). La predominancia de digeneos intestinales y metacercarias en el músculo indica una intensa interacción ecológica entre los róbalo y otros miembros de la red trófica, incluidos moluscos, crustáceos y vertebrados (Violante-González *et al.*, 2010, 2011). Sin embargo, es notable que la mayoría de estos registros provienen de estudios realizados principalmente en la región de Guerrero, México, lo que limita la comprensión de la variabilidad geográfica de las comunidades parasitarias a lo largo de la distribución del género en el Pacífico.

Un aspecto relevante desde el punto de vista de la salud pública es la presencia de nematodos con potencial zoonótico, como especies de *Anisakis*, *Contracaecum* y *Eustrongylides*, que han sido reportados en diferentes especies de *Centropomus* (Violante-González *et al.*, 2010, 2011; Castellanos *et al.*, 2018; González-Serrano *et al.*, 2025). Estos parásitos son reconocidos por su capacidad de infectar accidentalmente al ser humano mediante el consumo de pescado crudo o poco cocido (Ivanović *et al.*, 2017). No obstante, la mayoría de los registros corresponden a identificaciones a nivel de género, lo que limita la evaluación precisa del riesgo zoonótico y subraya la necesidad de estudios moleculares que permitan una identificación específica (Nadler & Pérez-Ponce de León, 2011). Adicionalmente, se observa que una proporción considerable de la información disponible proviene de trabajos realizados hace más de una década, en particular aquellos enfocados en *C. nigrescens* y *C. robalito* (Violante-González *et al.*, 2010, 2011), lo que sugiere que el conocimiento actual sobre la parasitofauna de estos hospederos podría estar desactualizado ante cambios ambientales, pesqueros y ecológicos recientes. En contraste, los estudios más recientes se concentran en monogeneos branquiales (Enríquez-Benavides *et al.*, 2025), evidenciando un sesgo taxonómico hacia grupos de interés sistemático, pero dejando de lado a otros helmintos de importancia ecológica y sanitaria.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► CONCLUSIÓN

El análisis de los parásitos helmintos asociados al género *Centropomus* del océano Pacífico evidencia un conocimiento limitado y heterogéneo entre sus distintas especies, con un claro sesgo de investigación hacia *C. nigrescens* y *C. robalito*. La ausencia total de información sobre especies como *C. medius* y *C. unionensis*, así como la caracterización parasitológica limitada y, en algunos casos, desactualizada de otros taxones, pone de manifiesto la necesidad urgente de ampliar los estudios sobre este grupo. Asimismo, la presencia de helmintos de potencial zoonótico resalta la importancia de integrar enfoques parasitológicos en el manejo pesquero y en la seguridad alimentaria. En conjunto, el fortalecimiento de investigaciones basadas en herramientas moleculares, muestreos sistemáticos y análisis ecológicos permitirá no solo llenar estos vacíos de información, sino también comprender de manera más integral el papel de los róbalo en las dinámicas parasitarias de los ecosistemas costeros tropicales.

► AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por su apoyo a la beca doctoral (CVU-1233531) del autor, y a la Dra. Mayra I. Grano Maldonado por su colaboración en la estructuración, revisión y edición del manuscrito.

► LITERATURA CITADA

Al-Jahdali, M.O., Hassanine, R.E., & Touliabah, H.E. (2015). The life cycle of *Sclerocollum saudii* Al-Jahdali, 2010 (Acanthocephala: Palaeacanthocephala: Rhadinorhynchidae) in amphipod and fish hosts from the Red Sea. *Journal of Helminthology*, 89 (3) : 277 - 287 .
<https://doi.org/10.1017/S0022149X14000042>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Arafa, S.Z., El-Naggar, M.M., & Kearn, G.C. (2013).** Ultrastructure of the digestive system and experimental study of feeding in the monogenean skin and fin parasite *Macrogyrodactylus congolensis*. *Acta Parasitologica*, 58(4): 420-433. <https://doi.org/10.2478/s11686-013-0169-z>
- Assis, D.A., Nobre, D.M., de Freitas, M.C., Moraes, L.E., & Santos, A.C. (2019).** Reproductive biology of the protandric hermaphrodite fat snook *Centropomus parallelus* Poey 1860 in a tropical estuary, northeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 54(3): 225-235.
- Auld, S.K., & Tinsley, M.C. (2015).** The evolutionary ecology of complex lifecycle parasites: linking phenomena with mechanisms. *Heredity*, 114(2): 125-132. <https://doi.org/10.1038/hdy.2014.84>
- Basyoni, M.M., & Rizk, E.M. (2016).** Nematodes ultrastructure: complex systems and processes. *Journal of Parasitic Diseases*, 40(4): 1130-1140. <https://doi.org/10.1007/s12639-015-0707-8>
- Bellay, S., De Oliveira, E.F., Almeida-Neto, M., Mello, M.A., Takemoto, R.M., & Luque, J.L. (2015).** Ectoparasites and endoparasites of fish form networks with different structures. *Parasitology*, 142(7): 901-909. <https://doi.org/10.1017/S0031182015000128>
- Beveridge, I. (2014).** The use of life-cycle characters in studies of the evolution of cestodes. In *Interrelationships of the Platyhelminthes*. CRC Press, (pp. 250-256).
- Blewett, D.A., Hensley, R.A. & Stevens, P.W. (2006).** Feeding habits of common snook, *Centropomus undecimalis*, in Charlotte Harbor, Florida. *Gulf Caribbean Research*, 18: 1-13.
- Bodri, M.S. (2022).** Nematodes. *Invertebrate Medicine*, 537-561. <https://doi.org/10.1002/9781119569831.ch21>
- Brown, E.J., Vasconcelos, R.P., Wennhage, H., Bergström, U., Støttrup, J.G., van de Wolfshaar, K., & Le Pape, O. (2018).** Conflicts in the coastal zone: human impacts on commercially important fish species utilizing coastal habitat. *ICES Journal of Marine Science*, 75(4): 1203-1213. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx237>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Buchmann, K., & Bresciani, J. (2006).** Monogenea (phylum Platyhelminthes). In Fish diseases and disorders. Volume 1: Protozoan and metazoan infections. Wallingford UK: Cabi, (pp. 297-344). <https://doi.org/10.1079/9780851990156.0297>
- Bullard, S.A., & Overstreet, R.M. (2008).** Digeneans as enemies of fishes. In Fish Diseases (2 Vols.). CRC Press. (pp. 831-911).
- Buonfrate, D., Ferrari, T.C., Adegnika, A.A., Stothard, J.R., & Gobbi, F.G. (2025).** Human schistosomiasis. The Lancet, 405(10479): 658-670.
- Cable, J., & Tinsley, R.C. (1991).** The ultrastructure of photo receptors in *Pseudodiploorchis americanus* and *Neodiploorchis scaphopodis* (Monogenea: Polystomatidae). International Journal for Parasitology, 21(1): 81-90. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(91\)90123-0](https://doi.org/10.1016/0020-7519(91)90123-0)
- Caña-Bozada, V., Llera-Herrera, R., Fajer-Ávila, E.J., & Morales-Serna, F.N. (2021).** Mitochondrial genome of *Rhabdosynochus viridisi* (Monogenea: Diplectanidae), a parasite of Pacific white snook *Centropomus viridis*. Journal of Helminthology, 95: e21.
- Chai, J.Y., & Jung, B.K. (2022).** General overview of the current status of human foodborne trematodiasis. Parasitology, 149(10), 1262-1285. <https://doi.org/10.1017/S0031182022000725>
- Choudhury, A., & Cole, R.A. (2008).** Phylum nematoda. In Fish Diseases (2 Vols.). CRC Press. (pp. 1077-1128).
- Contreras-García, M., Contreras-Sánchez, W.M., & Mendoza-Carranza, M. (2025).** Assessing the feasibility of sustainable aquaculture for Common Snook *Centropomus undecimalis*. Reviews in Aquaculture, 17(1): e12989. <https://doi.org/10.1111/raq.12989>
- Cortés-Carbonell, A., & Fried, B. (2019).** Form and function in the digenea. Digenetic Trematodes, 3 - 20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18616-6_1
- Cox, F.E. (2015).** Taxonomy and classification of human parasitic protozoa and helminths. Manual of clinical microbiology, 2282-2292. <https://doi.org/10.1128/9781555817381.ch132>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Figueiredo-Filho, J.M., Marcenik, A.P., Feijo, A., Siccha-Ramirez, R., Ribeiro, G.S., Oliveira, C., & Rosa, R.S. (2021).** Taxonomy of *Centropomus* Lacépède, 1802 (Perciformes: Centropomidae), with focus on the Atlantic species of the genus. *Zootaxa*, 4942(3): 301-38. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4942.3.1>
- Froese, R. & Pauly, D. (2026).** FishBase. *Centropomus* Lacépède, 1802. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=268680> on 2026-04-02
- Gardner, S.L. (2024).** Introduction to Cestodes (Class Cestoda)'. Concepts in Animal Parasitology. Lincoln, Nebraska: Zea Books, 241-246.
- Georgiev, B.B., Bray, R.A., Timothy, D., & Littlewood, J. (2006).** Cestodes of small mammals: taxonomy and life cycles. In *Micromammals and macroparasites: From evolutionary ecology to management*. Tokyo: Springer Japan, (pp. 29-62). https://doi.org/10.1007/978-4-431-36025-4_3
- Goater, T.M., Goater, C.P., & Esch, G.W. (2014).** Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites. Cambridge University Press, (pp 16-21).
- González-Serrano, K.B., Aguilar, C., Abrego, L., & Rengifo-Herrera, C. (2025).** First report of *Contracaecum jorgei* (Nematoda: Anisakidae) in *Centropomus armatus* from a fish market in Panama City, Republic of Panama. *Helminthologia*, 62(1): 77-82. <https://doi.org/10.2478/helm20250005>
- Grano-Maldonado, M. I., Rodríguez-Santiago, M. A., García-Vargas, F., Nieves-Soto, M., & Soares, F. (2018).** An emerging infection caused by *Gyrodactylus cichlidarum* Paperna, 1968 (Monogenea: Gyrodactylidae) associated with massive mortality on farmed tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) on the Mexican Pacific coast. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(5): 961-968. <http://dx.doi.org/10.3856/vol46-issue5-fulltext-9>
- Hatcher, M.J., Dick, J.T., & Dunn, A.M. (2012).** Diverse effects of parasites in ecosystems: linking interdependent processes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(4): 186-194. <https://doi.org/10.1890/110016>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Hoai, T.D. (2020).** Reproductive strategies of parasitic flatworms (Platyhelminthes, Monogenea): the impact on parasite management in aquaculture. *Aquaculture International*, 28(1): 421-447. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00471-6>
- Hodda, M. (2022).** Phylum Nematoda: a classification, catalogue and index of valid genera, with a census of valid species. *Zootaxa*, 5114(1): 1-289. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5114.1.1>
- Hutson, K.S., Brazenor, A.K., Vaughan, D.B., & Trujillo-González, A. (2018).** Monogenean parasite cultures: current techniques and recent advances. *Advances in Parasitology*, 99: 61-91. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2018.01.002>
- Ivanović, J., Baltić, M.Ž., Bošković, M., Kilibarda, N., Dokmanović, M., Marković, R., & Baltić, B. (2017).** Anisakis allergy in human. *Trends in Food Science & Technology*, 59: 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.006>
- Iwanowicz, D.D. (2011).** Overview on the effects of parasites on fish health. In *Proceedings of the third bilateral conference between Russia and the United States. Bridging America and Russia with shared perspectives on aquatic animal health* (pp. 176-184).
- Kearn, G.C. (2011).** Monogeneans-the ultimate fish parasites. *Monogenea. Parasitology*, 58(2), 28-32.
- Labaude, S., & Griffin, C.T. (2018).** Transmission success of entomopathogenic nematodes used in pest control. *Insects*, 9(2): 72. <https://doi.org/10.3390/insects9020072>
- Leung, T.L., & Koprivnikar, J. (2016).** Nematode parasite diversity in birds: the role of host ecology, life history and migration. *Journal of Animal Ecology*, 85(6): 1471-1480. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12581>
- López-Ceseña, J.Á.G., Enríquez-Benavides, L.E., Trillo-Hernández, E.A., Nieves-Soto, M., & Grano-Maldonado, M.I. (2026).** Effect of salinity and chemical treatments against egg and oncomiracidia larvae development of *Rhabdosynochus viridisi* in *Centropomus viridis* (Teleostei: Centropomidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 54(3). <https://doi.org/10.3856/vol54-issue3-fulltext-3565>



- López-Ceseña, J.Á.G, Rodríguez-Montes de Oca, G., Benítez-Hernández, A., Nieves-Soto, M., & Grano-Maldonado, M.I. (2024). Tratamiento para el control de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. asociados con mortalidad en tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Ciencias del Mar, UAS*, 1(2): 30-58.
- López-Moreno, D., Yazdi, Z., Morales-Serna, F. N., Martínez-Brown, J. M., Ibarra-Castro, L., García-Gasca, A., & Soto, E. (2024). Histological and immune response in the fish *Centropomus viridis* elicited by the parasite *Rhabdosynochus viridisi*. *Revista MVZ Córdoba*, 29(2): e3381-e3381. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3381>
- Madhavi, R., & Bray, R.A. (2018). The digenetic trematodes. In *Digenetic Trematodes of Indian Marine Fishes*. Dordrecht: Springer Netherlands, (pp. 9-17). https://doi.org/10.1007/978-94-024-1535-3_3
- Malcher, G., Oliveira, T., Ferreira, P.R., Melo, L., Mendonça, P., Dominguez-Dominguez, O., & Araripe, J. (2025). Evolutionary history of the snooks: Phylogeny, biogeography and diversification of the genus *Centropomus*. *PLoS One*, 20(10): e0332412. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0332412>
- Marcogliese, D.J. (2005). Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health? *International Journal for Parasitology*, 35(7): 705–716. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.01.015>
- Meek, S.E. & Hildebrand, S.F. (1925). The marine fishes of Panama. *Museum of Natural History, Zoological Series o Field Museum of Natural History, Zoological Series*, 15: 331-707.
- Mendoza-Franco, E. F., Violante-González, J., & Vidal-Martínez, V. M. (2008). New species of *Rhabdosynochus* Mizelle and Blatz 1941 (Monogeneoidea: Diplectanidae) from the gills of centropomid fishes (Teleostei) off the Pacific Coast of Mexico. *Journal of Parasitology*, 94(1): 28-35. <https://doi.org/10.1645/GE-1241.1>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Messmer, V., Jones, G.P., Munday, P.L., & Planes, S. (2012). Concordance between genetic and species diversity in coral reef fishes across the Pacific Ocean biodiversity gradient. *Evolution*, 66(12): 3902-3917. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2012.01725.x>
- Miller, T.L., & Cribb, T.H. (2008). Eight new species of *Siphoderina* Manter, 1934 (Digenea, Cryptogonimidae) infecting *Lutjanidae* and *Haemulidae* (Perciformes) off Australia. *Acta Parasitologica*, 53(4): 344-364. <https://doi.org/10.2478/s11686-008-0053-4>
- Mirabent-Casals, M., Caña-Bozada, V.H., Morales-Serna, F.N., Martínez-Brown, J.M., Medina-Guerrero, R.M., Hernández-Cornejo, R., & García-Gasca, A. (2025). Transcriptomic analysis of immune-related genes in Pacific white snook (*Centropomus viridis*) gills infected with the monogenean parasite *Rhabdosynochus viridisi*. *Parasitology International*, 104: 102981. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2024.102981>
- Molnár, K., Buchmann, K., & Székely, C. (2006). Phylum Nematoda. In *Fish diseases and disorders. Volume 1: protozoan and metazoan infections*. Wallingford UK: CABI. (pp. 417-443). <https://doi.org/10.1079/9780851990156.04>
- Monks, S., Pulido-Flores, G., & Violante-González, J. (2011). A new species of *Neoechinorhynchus* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in *Dormitator latifrons* (Perciformes: Eleotridae) from the Pacific coast of Mexico. *Comparative Parasitology*, 78(1): 21-28. <https://doi.org/10.1654/4462.1>
- Montero-Rodríguez, M., Mendoza-Franco, E. F., & Téllez, N. A. (2021). New species of *Rhabdosynochus* Mizelle and Blatz 1941 (Monogeneoidea: Diplectanidae) from the gills of the cultured *Centropomus viridis* (Perciformes) in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Acta Parasitologica*, 66(2): 487-492. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00303-1>
- Montoya-Ponce, C.O., Santamaría-Miranda, A., Trigueros-Salmerón, J.Á., Apún-Molina, J.P., Valenzuela-Orduño, F.G., & Lugo-Gamboa, R.R. (2024). Bioeconomic Analysis of Snook *Centropomus viridis*, *C. nigrescens*, and *C. medius* for the Development of Mariculture in Northern Sinaloa. *Fishes*, 9(1): 39. <https://doi.org/10.3390/fishes9010039>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Morales-Serna, F. N., López-Moreno, D. G., Medina-Guerrero, R. M., Abad-Rosales, S. M., Martínez-Brown, J. M., Ibarra-Castro, L., & Fajer-Avila, E. J. (2021).** Toxicity of formalin for juvenile *Centropomus viridis* and in vitro efficacy against the parasite *Rhabdosynochus* sp. (Monogenea: Diplectanidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 36 (5): 740-744. <https://doi.org/10.1111/jai.14077>
- Mustafina, A.R., & Biserova, N.M. (2022).** Excretory system ultrastructure of diphyllbothriid tapeworm *Pyramicocephalus phocarum* (Cestoda) with cytochemical and functional implication. *Invertebrate Zoology*, 19: 159-184.
- Nadler, S.A., & Pérez-Ponce de León, G. (2011).** Integrating molecular and morphological approaches for characterizing parasite cryptic species: implications for parasitology. *Parasitology*, 138 (13): 1688-1709. <https://doi.org/10.1017/S003118201000168X>
- Nickol, B.B. (2006).** Phylum Acanthocephala. In *Fish diseases and disorders. Volume 1: protozoan and metazoan infections*. Wallingford UK: CABI. (pp. 444-465).
- Niewiadomska, K., & Pojmanska, T. (2011).** Multiple strategies of digenean trematodes to complete their life cycles. *Wiadomości Parazytologiczne*, 57(4).
- Nisbet, A.J., Cottee, P., & Gasser, R.B. (2004).** Molecular biology of reproduction and development in parasitic nematodes: progress and opportunities. *International Journal for Parasitology*, 34(2): 125-138. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2003.09.012>
- Oliveira, J. (2019).** A new species of snook, *Centropomus* (Teleostei: Centropomidae), from northern South America, with notes on the geographic distribution of other species of the genus. *Zootaxa*, 4671 (1): 81-92. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4671.1.6>
- Olson, P. D., Littlewood, D.T., Bray, R.A., & Mariaux, J. (2001).** Interrelationships and evolution of the tapeworms (Platyhelminthes: Cestoda). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 19 (3): 443-467. <https://doi.org/10.1006/mpev.2001.0930>

- Pandian, T.J. (2020).** Reproduction and Development in Platyhelminthes. CRC Press.
- Paperna, I., & Dzikowski, R. (2006).** Digenea (Phylum Platyhelminthes). In Fish diseases and disorders. Volume 1: Protozoan and metazoan infections. Wallingford UK: CABI, (pp. 345-390). <https://doi.org/10.1079/9780851990156.0345>
- Perera-García, M.A., Mendoza-Carranza, M., Contreras-Sánchez, W.M., Huerta-Ortíz, M., & Pérez-Sánchez, E. (2011).** Reproductive biology of common snook *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) in two tropical habitats. *Revista de Biología Tropical*, 59(2): 669-681.
- Poulin, R. (2011).** The many roads to parasitism: a tale of convergence. *Advances in parasitology*, 74: 1-40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385897-9.00001-X>
- Rivas, L.R. (1986).** Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia* 1986: 576-611.
- Rodríguez, S.M., D'elía, G., & Valdivia, N. (2017).** The phylogeny and life cycle of two species of *Profilicollis* (Acanthocephala: Polymorphidae) in marine hosts off the Pacific coast of Chile. *Journal of Helminthology*, 91(5): 589-596. <https://doi.org/10.1017/S0022149X16000638>
- Roulin, A., Brinkhof, M.W., Bize, P., Richner, H., Jungi, T.W., Bavoux, C., & Burneleau, G. (2003).** Which chick is tasty to parasites? The importance of host immunology vs. parasite life history. *Journal of Animal Ecology*, 72(1): 75-81. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00677.x>
- Rubtsova, N.Y., Heckmann, R.A., Smit, W.J., Luus-Powell, W.J., Halajian, A., & Roux, F. (2018).** Morphological studies of developmental stages of *Oculotrema hippopotami* (Monogenea: Polystomatidae) infecting the eye of *Hippopotamus amphibius* (Mammalia: Hippopotamidae) using SEM and EDXA with notes on histopathology. *The Korean Journal of Parasitology*, 56(5): 463. <https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.5.463>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Sardella, C.J., Mancini, M., Salinas, V., Simões, R.O., & Luque, J.L. (2020).** A new species of *Contraecaecum* (Nematoda: Anisakidae) found parasitizing *Nannopterum brasiliense* (Suliformes: Phalacrocoracidae) and *Hoplias argentinensis* (Characiformes: Erythrinidae) in South America: morphological and molecular characterization of larval and adult stages. *Journal of Helminthology*, 94: e184. <https://doi.org/10.1017/S0022149X20000644>
- Sato, S. (2021).** *Plasmodium*—a brief introduction to the parasites causing human malaria and their basic biology. *Journal of physiological anthropology*, 40(1): 1. <https://doi.org/10.1186/s40101-020-00251-9>
- Scheifler, M., Magnanou, E., Sanchez-Brosseau, S., & Desdevises, Y. (2022).** Host specificity of monogenean ectoparasites on fish skin and gills assessed by a metabarcoding approach. *International journal for parasitology*, 52(8): 559-567. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2022.02.001>
- Scholz, T., Choudhury, A., & McAllister, C.T. (2022).** A young parasite in an old fish host: A new genus for proteocephalid tapeworms (Cestoda) of bowfin (*Amia calva*) (Holostei: Amiiformes), and a revised list of its cestodes. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 18: 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2022.04.002>
- Smith, N. F., & Rodríguez, S. M. (2025).** Phylum Acanthocephala. In *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Academic Press. (pp. 381-387).
- Snyder, S.D., & Clopton, R.E. (2005).** New methods for the collection and preservation of spirorchiid trematodes and polystomatid monogeneans from turtles. *Comparative Parasitology*, 72(1): 102-107. <https://doi.org/10.1654/4155>
- Taraschewski, H. (2008).** Acanthocephala. In *Fish Diseases* (2 Vols.). CRC Press. (pp. 1039-1076).
- Thompson, R.M., Mouritsen, K.N., & Poulin, R. (2005).** Importance of parasites and their life cycle characteristics in determining the structure of a large marine food web. *Journal of Animal Ecology*, 74(1): 77-85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2004.00899.x>



- Tringali, M.D., Bert, T.M., Seyoum, S., Bermingham, E., & Bartolacci, D. (1999).** Molecular phylogenetics and ecological diversification of the transisthmian fish genus *Centropomus* (Perciformes: Centropomidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 13(1): 193-207. <https://doi.org/10.1006/mpev.1999.0624>
- Vanhove, M.P., Pariselle, A., & Kmentová, N. (2024).** Monogenean parasitic flatworms. *Current Biology*, 34(22): 1122-1124.
- Van-Sluijs, L., Geisen, S., Lozano-Torres, J.L., Sterken, M.G., Vervoort, M.T., & Wilbers, R.H. (2025).** Unearthing roundworms: Nematodes as determinants of human health. *One Health*, 21: 101103. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.101103>
- Vergara-Chen, C. (2014).** Los róbalo (Pisces, Centropomidae) del pacífico de Panamá: desafíos emergentes en investigación y conservación. *Tecnociencia*, 16(1): 15-40.
- Vidal-Martínez, V.M., & Wunderlich, A.C. (2017).** Parasites as bioindicators of environmental degradation in Latin America: a meta-analysis. *Journal of Helminthology*, 91(2): 165-173. <https://doi.org/10.1017/S0022149X16000432>
- Violante-González, J., Mendoza-Franco, E. F., Rojas-Herrera, A., & Gil Guerrero, S. (2010).** Factors determining parasite community richness and species composition in black snook *Centropomus nigrescens* (Centropomidae) from coastal lagoons in Guerrero, Mexico. *Parasitology Research*, 107(1): 59-66. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1834-x>
- Violante-González, J., Monks, S., Rojas-Herrera, A., & Guerrero, S.G. (2011).** Richness and species composition of helminth communities in yellowfin snook (*Centropomus robalito*) (Centropomidae) from coastal lagoons in Guerrero, Mexico. *Comparative Parasitology*, 78(1): 84-94. <https://doi.org/10.1654/4450.1>
- Wenk, P., & Renz, A. (2013).** Parasitism and evolution: opposing versus balancing strategies. *Historical Biology*, 25(2): 251-259. <https://doi.org/10.1080/08912963.2012.692682>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Whittington, I.D., & Chisholm, L.A. (2008).** Diseases caused by Monogenea. In Fish Diseases (2 Vols.). CRC Press, (pp. 697-737).
- Willms, K., & Sotelo, J. (2001).** Cestodes. Principles and Practise of Clinical Parasitology, 613 - 633 .
<https://doi.org/10.1002/0470842504.ch23>
- Wood, C.L., & Johnson, P.T. (2015).** A world without parasites: exploring the hidden ecology of infection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13 (8) : 4 2 5 - 4 3 4 .
<https://doi.org/10.1890/140368>
- Yong, R.Q., & Erasmus, A. (2025).** Biology and Life Cycle. Aquatic Parasitology: Ecological and Environmental Concepts and Implications of Marine and Freshwater Parasites, 89.
- Zograf, J. K., Bert, W., & Borgonie, G. (2008).** The structure of the female reproductive system of nematodes from the genus *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae). *Nematology*, 10(6): 883-896.
- Zurawski, T.H., Mousley, A., Mair, G.R., Brennan, G.P., Maule, A.G., Gelnar, M., & Halton, D.W. (2001).** Immunomicroscopical observations on the nervous system of adult *Eudiplozoon nipponicum* (Monogenea: Diplozoidae). *International Journal for Parasitology*, 31(8): 783-792.
[https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(01\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00192-8)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Revisión Científica

Estado actual de la estreptococosis de tilapia en Colombia

Current Status of Streptococcosis in Tilapia in Colombia

1. Estefanny Lisbeth Paz Timaná

id 0009-0006-2901-3827

Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.

2. Camilo Lenin Guerrero Romero

id 0000-0002-6948-4344

Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.

Autor de correspondencia: camiloguerrero.ipa@udenar.edu.co

3. Luis Evert Enriquez Benavides

id 0000-0002-9009-9432

Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.

Recibido 19 de mayo 2026

Aceptado 20 de agosto 2026



Estado actual de la estreptococosis de tilapia en Colombia

Current Status of Streptococcosis in Tilapia in Colombia

► RESUMEN

La estreptococosis es una de las enfermedades bacterianas más relevantes en la acuicultura a nivel mundial, causada principalmente por especies del género *Streptococcus*. En peces de cultivo; especialmente en la producción de tilapia, se ha convertido en un problema sanitario recurrente en sistemas de cultivo intensivo, generando altas tasas de mortalidad y significativas pérdidas económicas, lo que representa un riesgo para la sostenibilidad de la producción acuícola y genera preocupaciones en la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. El objetivo de esta revisión es presentar el estado actual de la estreptococosis en tilapia en Colombia, describiendo las diferentes cepas de *Streptococcus agalactiae* identificadas en el país y las estrategias de prevención reportadas en la literatura, considerando sus ventajas y/o limitaciones en la producción acuícola.

Palabras clave: acuicultura, infección, *Oreochromis* sp., serotipo, *Streptococcus agalactiae*.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Streptococcosis is one of the most significant bacterial diseases in aquaculture worldwide, caused primarily by species of the genus *Streptococcus*. In farmed fish, especially in tilapia production, it has become a recurring health problem in intensive farming systems, resulting in high mortality rates and significant economic losses; this poses a risk to the sustainability of aquaculture production and raises concerns about public health and the balance of aquatic ecosystems. This review presents the current status of streptococcosis in tilapia in Colombia, describing the different strains of *Streptococcus agalactiae* identified in the country and the prevention strategies reported in the literature, while considering their advantages and/or limitations in aquaculture production.

Keywords: aquaculture, infection, *Oreochromis* sp., serotype, *Streptococcus agalactiae*

► INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento de la acuicultura ha sido impulsado por la creciente demanda de proteína de origen animal, convirtiéndose en uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido desarrollo a nivel mundial; sin embargo, la producción masiva de peces en sistemas de cultivo intensivo generan condiciones de estrés que favorecen la aparición y propagación de infecciones bacterianas, virales, fúngicas y parasitarias (Debnath et al., 2023; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2025; Ruben et al., 2025).

Entre los patógenos bacterianos de mayor impacto económico y sanitario en piscicultura se encuentra *Streptococcus agalactiae*, uno de los principales agentes etiológicos de la estreptococosis, enfermedad sistémica que afecta múltiples especies de peces marinos y dulceacuícolas en zonas tropicales y subtropicales, particularmente al género *Oreochromis* (Abdallah, et al., 2024a; 2024b; Lannes-Costa et al., 2021; Legario et al., 2020; Ortega et al., 2018; Van Doan et al., 2022).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Colombia no es ajena a esta problemática, el país se ha consolidado como uno de los principales productores de tilapia en América Latina, con sistemas intensivos y semi-intensivos; sin embargo; diversas zonas productoras del país han reportado episodios importantes de mortalidad asociados a infecciones por *S. agalactiae*, que influyen no sólo en la productividad sino también en el entorno social y ambiental (Barato et al., 2015; Contraloría General de la República, 2023; ICA, Resolución No. 6535, 2023; Jiménez et al., 2007; Pulido et al., 2004).

La estreptococosis ha adquirido gran relevancia al ser una de las principales limitantes para la sostenibilidad de la producción de tilapia, por ello en la actualidad se ha incrementado el interés en el estudio y monitoreo de su epidemiología, los mecanismos de patogenicidad y el desarrollo de estrategias eficaces de prevención y control orientadas a mitigar sus efectos y garantizar la productividad del sector (Abdallah et al., 2024; Haenen et al., 2023; Pau & Yong, 2025).

Generalidades de la estreptococosis

La estreptococosis es una enfermedad bacteriana causada principalmente por especies del género *Streptococcus*, varias de las cuales representan un riesgo importante para la salud humana y animal (Lannes-Costa et al., 2021; Van Doan et al., 2022). Entre los estreptococos reportados en peces se encuentran *S. dysgalactiae*, *S. parauberis*, *S. uberis*, *S. phocae*, *S. agalactiae* y *S. iniae*, los cuales han sido identificados en diversas especies de importancia acuícola, como la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y sus híbridos, la lubina moteada (*Lateolabrax maculatus*), rodaballo (*Scophthalmus maximus*), dorada (*Sparus aurata*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*); entre otros (Abdallah et al., 2024a; 2024b; Deng et al., 2024; Hussein et al., 2025; Legario et al., 2020; Liao et al., 2020; Maekawa et al., 2020; Van Doan et al., 2022).

La alta densidad de siembra en sistemas intensivos de producción acuícola incrementa el estrés y afecta la respuesta inmune de los peces frente a infecciones por *Streptococcus* spp., sobretodo en condiciones



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

ambientales de temperatura elevada ($>30^{\circ}\text{C}$), baja disponibilidad de oxígeno disuelto y pH ácido en el agua de cultivo, mismo entorno que favorece la proliferación bacteriana y la sobreexpresión de factores de virulencia (Juárez-Cortés et al., 2024; Liao et al., 2020; MacKinnon et al., 2023; Phuoc et al., 2021; Pradeep et al., 2016).

Los peces enfermos presentan signos clínicos como letargo, opacidad corneal, exoftalmia, nado errático, melanosis, distensión abdominal y hemorragias en el cuerpo, base de las aletas, opérculos o boca y alteraciones morfológicas viscerales como cardiomegalia, hepatomegalia, esplenomegalia y nefromegalia, acumulación de líquido serosanguinolento en cavidad abdominal, cerebro con hemorragia y exudado fibrinoso difuso (Figura 1.) (Hernández-Hernández et al., 2023; He et al., 2018; Phuoc et al., 2021; Sukenda et al., 2021).

Se han documentado lesiones como necrosis licuefactiva y coagulativa severa con formación de granulomas y abscesos melanizados en el tejido muscular; esplenitis hemorrágica, desorganización estructural y un marcado incremento de centros de melanomacrófagos en el bazo; congestión, atrofia y degeneración hidrópica o vacuolar de los hepatocitos en el hígado; tubulonefrosis con desprendimiento del epitelio tubular y reducción del tejido hematopoyético en el riñón; cuadros severos de miocarditis y pericarditis fibrinosupurativa en el corazón; meningitis supurativa, congestión vascular y degeneración vacuolar de las neuronas en el cerebro, entre otras (Avila-Castillo et al., 2026; Hernández-Hernández et al., 2023; He et al., 2018; LaFrentz et al., 2026).

A nivel mundial, *S. agalactiae* y *S. iniae*, son los patógenos predominante de la estreptococosis en tilapia de cultivo, las cifras varían mucho según el país: en Malasia se registraron mortalidades de hasta 70% en los lagos Kenyir, Pedu y Pergau; en Brasil en cultivo en jaulas entre 25-35%; en China un brote de 2012 causó entre el 30 y 80% de mortalidad en tilapia con pérdidas económicas directas de aproximadamente 1.0-1.5 mil millones de dólares; en África la estreptococosis por *S. agalactiae* constituye la principal amenaza

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

bacteriana para juveniles de tilapia; en México se documentaron mortalidades de 68 a 80% en producción de *O. aureus* por *S. iniae* y en Colombia hasta del 40% debido a *S. agalactiae* Ib (Chen et al., 2012; Leal et al., 2019; Mohamed et al., 2023; Ortega et al., 2018; Thiriez, 2023).

La persistencia de *Streptococcus* en sistemas intensivos representa uno de los mayores desafíos en la acuicultura, la complejidad etiológica de cada especie bacteriana, variaciones en virulencia, patogenicidad y capacidad de adaptación son un reto para su control, especialmente en entornos acuáticos, donde el agua actúa como vehículo de dispersión que facilita la transmisión del patógeno entre individuos, lotes de cultivo y unidades productivas (Pradeep et al., 2016).

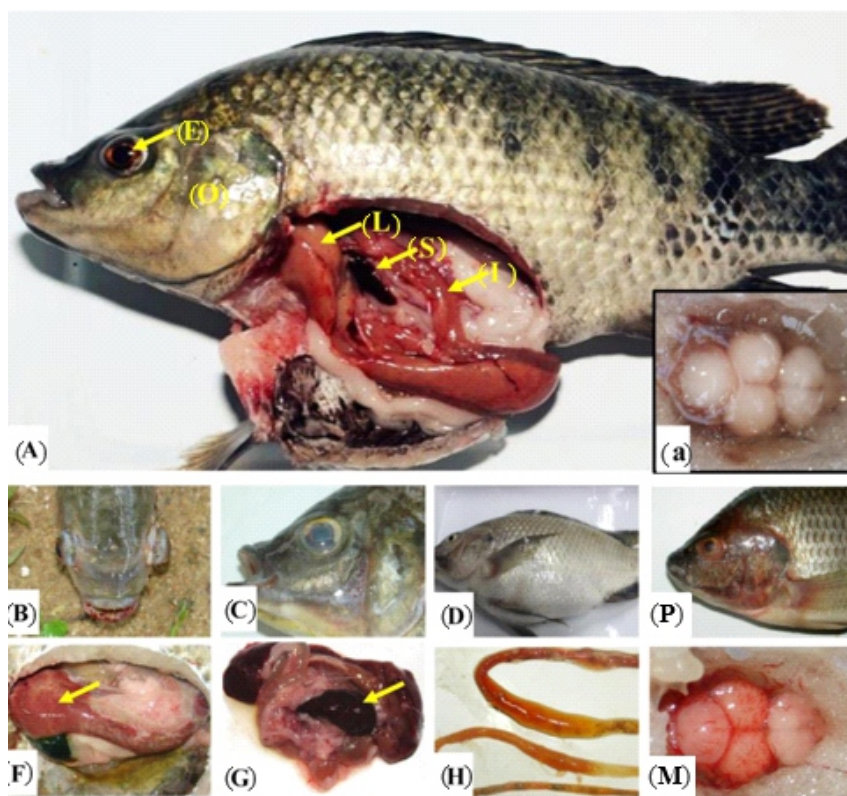


Figura 1. Síntomas clínicos de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) infectada por *S. agalactiae*. (A) Tilapia sana, mostrando (E) ojo, (O) opérculo, (L) hígado, (S) bazo, (I) intestino y (a) cerebro. (B) exoftalmia unilateral, (C) opacidad corneal, (D) distensión abdominal, (P) hemorragia opercular, (F) hemorragia hepática (flecha), (G) esplenomegalia (flecha), (H) pared intestinal adelgazada, (M) congestión meníngea. Modificado de He et al. (2018).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Estreptococo del grupo B: *Streptococcus agalactiae*

Los estreptococos del grupo B (EGB), taxonómicamente identificados como *S. agalactiae*, se reconocen principalmente como agentes causales de infecciones invasivas en neonatos e individuos con sistemas inmunitarios comprometidos, mastitis en bovinos y meningoencefalitis en peces de agua dulce y marina (Barro et al., 2023; Megli et al., 2025; Mishra et al., 2018).

S. agalactiae corresponde a cocos gram-positivos, generalmente β -hemolíticos (algunas cepas pueden no presentar hemólisis), aunque no todos, catalasa y oxidasa negativos, y anaerobios facultativos; estas bacterias, se organizan en cadenas de longitud variable y en cultivo forman colonias lisas, esféricas, de color blanco opaco y centro ligeramente elevado (Abdallah et al., 2024b; Bianchi-Jassir et al., 2020; Maekawa et al., 2020). El EGB posee una cápsula formada por polisacáridos que contienen ácido siálico, que le permite mimetizar componentes del huésped e inhibir la activación del sistema del complemento, reduciendo así la opsonización y la fagocitosis (Van Doan et al., 2022; Yang et al., 2023; Zhang et al., 2019).

A partir de la composición y estructura específica de los carbohidratos presentes en la cápsula polisacárida, *S. agalactiae* se clasifica en serotipo Ia, Ib y II–IX y se genotipifica mediante tipificación multilocus por secuencias (MLST), que asigna a cada aislamiento un tipo de secuencia (ST), ST con alta similitud genética se agrupan en complejos clonales (CC) (Megli et al., 2025; Phuoc et al., 2021; Vásquez-Machado et al., 2019). En peces la mayoría de los aislamientos pertenecen a tres complejos clonales principales y cada uno se relaciona con un serotipo particular: CC7/serotipo Ia, CC552/serotipo Ib y CC283/serotipo III (Delannoy et al., 2021).

En la acuicultura, los serotipos Ia, Ib y III son los responsables de los brotes epidémicos en tilapia, aunque su prevalencia depende de cada región geográfica; por ejemplo, en países asiáticos como Tailandia y China, los serotipos Ia y III son los serotipos dominantes, siendo de este



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

ultimo la ST283 la causa de brotes de enfermedades transmitidas asociados al consumo de pescado de agua dulce crudo; por el contrario, en Brasil predomina el serotipo Ib, particularmente por las secuencias ST260 y ST927 (Barony et al., 2017; Leal et al., 2019, 2024).

Los aislados del serotipo Ib/ST260 del CC552 se asocian exclusivamente a infecciones en peces (Delannoy et al., 2013; Kawasaki et al., 2018). De acuerdo con Liu et al. (2013) los aislados del serotipo Ib provenientes de peces Brasil y Honduras presenta un genoma reducido (1.8) en comparación con la cepa de peces de China del serotipo Ia (2.1Mb), un proceso conocido como evolución reductiva en el que la bacteria pierde características o funciones innecesarias para el entorno acuático; en este caso, se relaciona con la pérdida de proteínas asociadas con el transporte y metabolismo de carbohidratos; además, presentan un perfil no hemolítico y carece de genes para proteínas de superficie α -C (ACP) y β -C (BPC) presentes en cepas humanas (Delannoy et al., 2013; Kawasaki et al., 2018; Liu et al., 2013).

El serotipo Ia del complejo clonal CC7 es un linaje reconocido por afectar amplia gama de huéspedes, incluyendo humanos, peces, ranas, delfines y mamíferos marinos (Appel et al., 2025; Sukenda et al., 2021). A diferencia del serotipo Ib, el serotipo Ia son cepas β -hemolíticas, lo cual las hace más agresivas que las cepas no hemolíticas, puesto que la beta-hemólisis está directamente relacionada con la capacidad del patógeno para evadir el sistema inmune del pez, dañar tejidos y diseminarse rápidamente (Appel et al., 2025; Megli et al., 2025; Sukenda et al., 2021).

Aunque las cepas aisladas de peces son genéticamente distantes de las cepas humanas, su detección en otras especies sugiere un potencial riesgo zoonótico importante que debe considerarse en escenarios donde el contacto entre aguas residuales contaminadas y sistemas acuícolas es frecuente (Delannoy et al., 2013; Kayansamruaj et al., 2015; Schar et al., 2023; Sirimanapong et al., 2023).

Fyrand et al. (2024) encontró que aislados del serotipo Ia/ST7 de tilapia cultivada en Norteamérica y Centroamérica presentan estrecha relación

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

genética con los del sudeste asiático, obteniendo perfiles bioquímicos similares y perfiles de reacción inmunológica comparables que indican una antigenicidad compartida, y sugieren que el ingreso de estas cepas se relaciona con el comercio internacional de tilapia y la mínima divergencia genética se debe principalmente a las adaptaciones específicas al hospedero y entorno geográfico.

Recientemente se identificó una variante altamente agresiva del serotipo Ia, denominada Ia-2021, en México, Colombia, Honduras, Guatemala y El Salvador, la cual provoca una bacteriemia aguda caracterizada por hemorragias severas en órganos internos y externos, exoftalmia bilateral, opacidad corneal, úlceras externas, deformidades de la espina dorsal hacia el pedúnculo, mionecrosis extensa, hígado pálido, necrosis intestinal e intususcepción intestinal, que afectó a alevines de 0,5 g hasta la fase de engorde y a reproductores, incluso a tilapias inmunizadas previamente, por lo que esta cepa es actualmente una de las amenazas bacterianas de mayor preocupación para la acuicultura de tilapia en Latinoamérica (Avila-Castillo et al., 2026; LaFrentz et al., 2026; Rozas-Serri et al., 2026).

Cultivo de tilapia y situación de la estreptococosis en Colombia

La tilapia representa el 56 % de la producción acuícola nacional en Colombia y exhibe un crecimiento sostenido, en 2024 alcanzó una participación de 13842 toneladas exportadas por un valor de 95,5 millones de dólares, consolidándose como un producto sustancial para la generación de empleo, el desarrollo rural y el posicionamiento de Colombia en el mercado internacional (Carrera-Quintana et al., 2022; Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas, 2024; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2025; Marco et al., 2025) (Carrera-Quintana et al., 2022; Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas, 2024; FAO, 2025; Marco et al., 2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

El primer caso de estreptococosis en Colombia fue reportado en 1999, tras episodios de mortalidad en híbridos de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en el Tolima y fueron asociados a *Streptococcus* sp. Estudios posteriores indicaron que se trataba de la especie *S. agalactiae* serotipo Ib/CC552 y se vinculaba principalmente a sistemas de producción intensiva de tilapia en fase de levante y engorde, constituyendo el único clon en circulación en el país (Barato et al., 2015; Hernández et al., 2009; Jiménez et al., 2007; ICA, Resolución No. 6535, 2023; Pulido et al., 2004).

En marzo de 2023, el ICA confirmó la presencia de *S. agalactiae* Ia/ST7 luego de investigar numerosas muertes atípicas en el cultivo de tilapia en el embalse de Betania (Huila-Colombia); a partir de este foco inicial, la nueva cepa se diseminó rápidamente hacia los departamentos de Atlántico, Tolima, Magdalena, Córdoba, Bolívar, Cesar y Valle del Cauca (Contraloría General de la República, 2023), gracias a circunstancias como el movimiento de peces aparentemente sanos, el uso compartido de cuerpos de agua, así como a condiciones propias de la producción intensiva y alteraciones en la calidad del agua.

El *S. agalactiae* Ib/ST260 se había caracterizado en Colombia por causar una enfermedad de curso crónico que afectaba principalmente a peces adultos con pesos superiores a los 150 g, mientras que el serotipo Ia/ST7 provocó un cuadro clínico agudo de tipo hemorrágico que afectó animales desde los 0,5 g hasta individuos de más de 200 g (Contraloría General de la República, 2023; Hernández et al., 2009; LaFrentz et al., 2026).

La alta mortalidad de tilapia causada por el serotipo Ia produjo el colapso repentino de biomasa comercial y afectó la liquidez y planificación de la cadena productiva acuícola de pequeños y mediantes productores, quienes sufrieron pérdidas de inversión, insumos y mano de obra. En el embalse del Guájaro (Atlántico), una de las grandes empresas productoras registró pérdidas superiores a 1000 toneladas de peces, que terminaron por afectar la disponibilidad de tilapia nivel local (Contraloría General de la República, 2023).

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



A nivel nacional, se estimaron tasas de mortalidad del 12% (4.554.598) en el Huila, 47% (1.621.665) en Atlántico, 37% (10.301) en Magdalena y 10% (50.000) en Tolima, sobre la totalidad de las poblaciones marco existentes o referenciadas en cada uno de estos departamentos (ICA, Resolución No. 6535, 2023) y para este mismo año, las exportaciones de tilapia sufrieron una disminución del 10,3 % en volumen, tan solo en la represa de Betania (Huila) se documentaron pérdidas de hasta el 30% en animales destinados al mercado exterior (Contraloría General de la República, 2023; Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas, 2024).

Las repercusiones también se extendieron al tejido social, la pérdida de empleo en la producción primaria, plantas de procesamiento, transporte y alimentación, mano de obra, particularmente de mujeres encargadas del procesamiento del pescado, el incremento en los precios por la poca disponibilidad local de tilapia o, por el contrario, la reducción de pedidos por desconfianza en la inocuidad del producto fueron algunos de los efectos experimentados por las regiones afectadas (FEDEACUA, 2023).

En materia ambiental, se presentaron problemáticas relacionadas con la generación de grandes volúmenes de desechos biológicos y la deposición inadecuada de los mismos (Contraloría General de la República, 2023). Además, la presencia de un nuevo serotipo abre una ventana de preocupación sobre la fauna silvestre, en vista de que se ha demostrado que *S. agalactiae* se libera en heces infectadas de *O. niloticus* y puede sobrevivir en agua dulce estéril incubada a 35 °C, 28 °C y 15 °C durante 80, 160 y 160 días posteriores a la inoculación, facilitando así la infección de poblaciones de peces susceptibles cercanas a través de la ruta fecal-oral (Abdallah et al., 2024a; Abdallah et al., 2024b; Barton et al., 2016; Tavares et al., 2016; Waghela et al., 2024).

La ausencia de datos consolidados sobre pérdidas específicas en cada región afectada dificulta dimensionar el impacto total de la enfermedad en la tilapicultura nacional. No obstante, se han documentado diversas



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

deficiencias que favorecieron la propagación del serotipo Ia en los cultivos de tilapia, entre ellas el reporte tardío por parte de los productores, la informalidad de numerosos predios acuícolas, la falta de tratamientos específicos para la cepa emergente y las debilidades en la vigilancia sanitaria y en los diagnósticos tempranos por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ente gubernamental encargado en el país de la sanidad acuícola (Contraloría General de la República, 2023).

Estrategias de prevención y control

Las estrategias de prevención y control se implementan para prevenir la propagación de patógenos como bacterias, virus y hongos mediante acciones orientadas a mantener la salud de los organismos cultivados y la sostenibilidad del sistema productivo a través de enfoques de control del ambiente y manejo zootécnico, estimulación inmunológica, modulación de la microbiota intestinal, acción antimicrobiana y antioxidante de extractos vegetales con propiedades funcionales o bien, la supresión del patógeno mediante la inhibición del crecimiento bacteriano (Assefa & Abunna, 2018).

Medidas de bioseguridad y buenas prácticas acuícolas (BPA)

Las buenas prácticas acuícolas comprenden estrategias y protocolos que garantizan la calidad e inocuidad en la producción primaria de alimentos, en la acuicultura incluye acciones como la selección de alevines de alta calidad, adecuada preparación y ubicación de estanques, mantenimiento de condiciones óptimas del agua, reducción del estrés en los peces y control del alimento suministrado (Hanson, 2020).

Por su parte, las medidas de bioseguridad buscan prevenir y controlar la propagación de enfermedades infecciosas en los sistemas de cultivo, mediante vigilancia sanitaria, respuesta temprana ante signos clínicos y control de rutas de transmisión, estas acciones poseen un enfoque tanto preventivo como reactivo y se integran en un protocolo de bioseguridad único para cada granja, que considera su ubicación, factores ambientales, especies de cultivo e historial de patógenos (Haenen et al., 2023).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Vacunas

La vacunación es una de las estrategias preventivas más popular y efectiva contra diferentes enfermedades en la acuicultura, mediante su aplicación se busca inducir la inmunidad específica del pez frente a uno o varios agentes patógenos (Assefa & Abunna, 2018; Du et al., 2022).

La eficacia de los distintos tipos de vacunas está condicionada principalmente al tipo de formulación y el método de administración (Tabla I), las vacunas inactivadas, son el tipo más común y disponible comercialmente, las vacunas vivas atenuadas inducen respuestas inmunes más potentes y a dosis más bajas, pero presentan el riesgo de reversión a la virulencia y las vacunas recombinantes y de ADN no se restringen al serotipo y pueden conferir protección inmunitaria cruzada (Liu et al., 2016; Queiróz et al., 2024; Zhang et al., 2017).

Tabla I. Esquemas de vacunación frente a *S. agalactiae* en tilapia del Nilo (*O. niloticus*).

Referencia	Tipo de vacuna	Vía	Composición	Descripción	Tratamiento	Supervivencia relativa (%)
Abu-Elala et al. (2019)	Inactivada	Inmersión (1 L de vacuna + 9 L de agua, bajo aireación, durante 2 min)	<i>Streptococcus</i> , <i>Lactococcus garvieae</i> y <i>Enterococcus faecalis</i>	Alevines de <i>O. niloticus</i> producidos a partir de reproductores vacunados fueron inmunizados y posteriormente desafiados.	Dosis única (10 ⁹ CFU/mL)	>60
Liu et al. (2023)	Recombinante	Inmersión (8 horas, 10 mg/L)	Proteína Sip de <i>S. agalactiae</i> , expresada en <i>Escherichia coli</i> (rSip), conjugada con nanocelulosa bacteriana (BNC) y nanocarrier BNC-rSip	<i>O. niloticus</i> (10.50 ± 0.50 g), fueron inmunizadas y desafiadas a las 4 semanas con <i>S. agalactiae</i> y <i>S. intiae</i> .	Solo BNC (10mg/L)	30
					r-Sip (10mg/L)	56,67
					BNC-rSip (10mg/L)	86,67
Mo et al. (2020)	Atenuada	IP	<i>S. agalactiae</i>	Juvéniles de <i>O. niloticus</i> (16.2 ± 2.0 g) se inmunizaron y luego fueron desafiados a los 28, 56 y 84 dpv.	Dosis única (1,0x10 ⁶ CFU/mL)	65,7 (28 dpv) 60,3 (56 dpv) 31,9 (84 dpv)
					Refuerzo	88,6 (28 dpv) 81,6 (56 dpv) 72,5 (84 dpv)
					Dosis única (1,0x10 ⁷ CFU/mL)	92,8 (28 dpv) 83 (56 dpv) 72,5 (84 dpv)
					Refuerzo	100 (28 dpv) 100 (56 dpv) 100 (84 dpv)
					Dosis única (1 × 10 ⁹ células/mL)	88.8 (8 ppv) 60.7 (16 ppv) 40.7 (28 ppv)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Piamsomboon et al. (2024)	Inactivada	IP	<i>S. agalactiae</i> (1×10^9 células/mL)	Reproductores de <i>O. niloticus</i> fueron vacunados y posteriormente desafiados.	Refuerzo 2 semanas	92.6 (8 ppv) 80.7 (16 ppv) 44.4 (28 ppv)
					Refuerzo 4 semanas	92.6 (8 ppv) 92.3 (16 ppv) 66.6 (28 ppv)
					Refuerzo 12 semanas	93.2 (16 ppv) 75.4 (28 ppv)
					Refuerzo 24 semanas	92.5 (28 ppv)
Queiróz et al. (2024)	Inactivada	IP	<i>S. agalactiae</i> ($1,36 \times 10^8$ CFU/mL)	Juveniles de <i>O. niloticus</i> (14.0 ± 4.00 g) se vacunaron una única vez, seguido de seis desafíos durante un período de 300 días.	Dosis única	71 (15 dpv) 93 (30 dpv) 94 (150 dpv) 70 (180 dpv) 86 (210 dpv) 67 (300 dpv)
Supervivencia relativa = $1 - (\% \text{ de mortalidad peces vacunados} / \% \text{ de mortalidad peces no vacunados}) \times 100$, ppv: vacunación post-primaria, dpv: días post-vacunación, IP: Inyección intraperitoneal.						

Cuando no existen vacunas comerciales efectivas en una región, las vacunas autógenas resultan favorables para limitar la propagación de brotes infecciosos, estas se fabrican a partir de cepas locales, su desarrollo exige el aislamiento preciso y caracterización microbiológica rigurosa del agente patógeno, competencias técnicas especializadas para la formulación biológica y el cumplimiento de la normativa sanitaria y regulatorias específica de cada país (Naseer et al., 2025).

El mercado de vacunas autógenas para peces es un subsegmento especializado dentro del mercado más amplio de vacunas estandarizadas para acuicultura, entre los actores en la fabricación, desarrollo o su comercialización para el sector acuícola se encuentran HIPRA (Brasil y España), Vaxxinova (Noruega, Chile, Brasil, Alemania y Estados Unidos), Ceva Ridgeway Biologicals (Reino Unido), Kennebec River Biosciences (EE. UU), VECOL (Colombia), entre otras. Este último asumió en Colombia la producción de 89 millones de dosis durante la emergencia provocada por el serotipo Ia de *S. agalactiae* en 2023 y 2024; adicionalmente, en colaboración con el laboratorio de diagnóstico colombiano CORPAVET, desarrollaron la primera vacuna autógena contra la weisselosis (*Weissella ceti*) para su uso en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (VECOL, 2024a, 2024b).

Las vacunas ofrecen protección más amplia y duradera, en algunos casos de meses tras una sola aplicación y mayor con refuerzo, que otras terapias cuyo efecto cesa al suspender el suministro, en contraste con los antibióticos, no contribuye al problema de resistencia bacteriana ni deja



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

residuos en el tejido muscular, favoreciendo la aceptación en mercados de exportación exigentes; sin embargo, la administración vía intraperitoneal, la de mayor eficacia, requiere la manipulación individual del pez, generando estrés, demanda mano de obra especializada y anestesia que eleva su costo, inviable en peces muy pequeños o en producciones intensivas de bajo margen económico (Hoseinifar et al., 2024; Linh et al., 2022; Queiróz et al., 2024).

No obstante, en granjas de tilapia del Nilo donde la estreptococosis limita la producción resulta más conveniente el uso de vacunas que la gestión reactiva con antibióticos, que podría contrubir al desarrollo de cepas bacterianas con resistencia múltiple; no obstante, la efectividad de un programa de vacunación está intrínsecamente ligado a aspectos como la precisión en el diagnóstico, al manejo de prácticas acuícolas responsables y la adopción de planes de bioseguridad rigurosos (Naseer et al., 2025).

Probióticos

Los probióticos se definen como organismos vivos, muertos o componentes de una célula microbiana que al ser suministrados en el alimento o agua de cultivo estimulan la respuesta inmune innata, el aprovechamiento del alimento, la tolerancia al estrés y estado de salud general, asociado a la mejora del equilibrio microbiano del hospedero como del entorno ambiental (Merrifield et al., 2010).

Las investigaciones se dividen en dos grupos principales, las bacterias del género *Bacillus* y las bacterias ácido lácticas, las cuales se administran mediante el alimento en densidades de 10^6 a 10^{10} UFC/g, así como aditivos acuáticos que logran modular la calidad del agua en sistemas biofloc, utilizando cepas individuales o combinadas, siendo estas últimas las más eficaces, puesto que el efecto sinérgico potencia el desempeño productivo y la resistencia a patógenos (Tabla II) (Assefa & Abunna, 2018; Li et al., 2024; Vijayaram et al., 2024; Xia et al., 2020; Zabidi et al., 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla II. Uso de cepas probióticas frente a *S. agalactiae* en tilapia nilótica (*O. niloticus*).

Referencia	Cepa	Descripción	Tratamiento	Supervivencia relativa (%)
Guimarães et al. (2022)	<i>Bacillus subtilis</i> (BS) y <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> (LP)	Ambas cepas se rociaron sobre el alimento y se suministró durante 21 días a juveniles de <i>O. niloticus</i> (20 ± 2.07 g), vía oral (alimento). Posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	BS (1.34×10^7 UFC/g) + LP (1.51×10^8 UFC/g)	67
Li et al. (2024)	<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>L. reuteri</i> se roció uniformemente sobre la dieta basal de juveniles de <i>O. niloticus</i> (9.01 ± 0.11 g) en distinta concentración (UFC/kg de alimento) y se suplementó durante 56 días. Posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> y <i>Aeromonas hydrophila</i> .	1×10^9 UFC/kg	23,53
			1×10^{10} UFC/kg	35,30
			1×10^{10} UFC/kg	35,30
Xia et al. (2020)	<i>B. subtilis</i> (BS) y <i>B. cereus</i> (BC)	Las cepas se añadieron a la dieta basal de juveniles de <i>O. niloticus</i> en conjunto e individual y se suministraron durante seis semanas. Posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	BS (1×10^8 UFC/g)	No reporta
			BC (1×10^8 UFC/g) BS (0.5×10^8 UFC/g) + BC (0.5×10^8 UFC/g)	
Zabidi et al. (2021)	<i>Lysinibacillus fusiformis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y <i>Enterococcus hirae</i>	Las cepas se administraron en un sistema biofloc durante cuatro semanas a alevines de <i>Oreochromis</i> spp. (570 ± 3.5 mg) y posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	5×10^8 UFC/ mL	83 ± 1.43
Supervivencia relativa = $1 - (\% \text{ de mortalidad peces vacunados} / \% \text{ de mortalidad peces no vacunados}) \times 100$				

Los probióticos pueden incorporarse directamente al alimento o al agua, permitiendo inmunizar grandes grupos de peces, incluso en peces pequeños en etapa larval y evitando la manipulación individual de los peces, reduciendo el estrés por manejo; además, son una buena alternativa frente el aumento de la resistencia bacteriana causada por el uso inadecuado de antibióticos (Li et al., 2024; Merrifield et al., 2010; Monteiro et al., 2016; O'Flaherty & Cummins, 2017; Sherif & Kassab, 2023; Xia et al., 2020; Zabidi et al., 2021).

A pesar de las virtudes, la aplicación de los probióticos en la acuicultura sigue siendo limitada, entre otras cosas por la dificultad para producir cepas nativas adaptadas a especies acuáticas específicas, la pérdida de viabilidad de las cepas durante el procesamiento del alimento (extrusión con altas temperaturas), almacenamiento o tránsito por el ambiente ácido del estómago, reduciendo su eficacia real en campo y a diferencia de las vacunas, que generan memoria inmunológica específica y duradera, la protección probiótica suele ser transitoria y requiere administración continua o repetida (Merrifield et al., 2010; Wanka et al., 2018).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Fitoterapia

El tratamiento fitoterapéutico se ha explorado como una alternativa sostenible y de menor impacto ambiental en el que se emplean extractos vegetales, aceites esenciales y compuestos bioactivos procedentes de plantas (Hoseinifar et al., 2020; Iqbal et al., 2024). Los fitobióticos exhiben un espectro de actividad que incluye efectos inmunoestimulantes, antioxidantes y antimicrobianos (Tabla III); además, su uso no genera residuos en músculo ni en el agua, evitando así impactos negativos sobre la salud humana y la microbiota acuática (Abd El-Hamid et al., 2021; Espirito Santo et al., 2020; Hoseinifar et al., 2024; Kusi et al., 2025; Pudota et al., 2025).

Tabla III. Uso de aditivos fitoterapéuticos en tilapia del Nilo (*O. niloticus*) desafiada con *S.*

Referencia	Fuente	Compuesto principal	Descripción	Tratamiento	Supervivencia relativa (%)
Abd El-Hamid et al. (2021)	Canela (<i>Cinnamomum</i> spp)	Cinamaldeído	Para las dietas, la nanoemulsión de cinamaldeído se pulverizó uniformemente sobre pellets de 2 mm en diferentes concentraciones (mg/kg de dieta). Tras 12 semanas de alimentación se realizó el desafío con <i>S. agalactiae</i> .	100 mg/kg	
				200 mg/kg	
				300 mg/kg	
Espirito Santo et al. (2020)	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	Carvacrol, p-cimeno, γ -terpineno y timol.	El orégano se trituró y el polvo resultante se incorporó a la dieta basal en diferentes concentraciones. A 30 días de ser alimentadas con las dietas experimentales, los juveniles de <i>O. niloticus</i> (promedio 45 g) fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	0%	No reporta
				0,075%	7,69
				0,15%	15,41
Kusi et al. (2025)	Ajo (<i>Allium sativum</i>), cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>) y jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	Alcaloides, flavonoides, taninos y saponinas	La cúrcuma (TUD), ajo (GAD) y jengibre (GID) pulverizados se añadieron a las dietas de ensayo en una concentración de 10 g/kg de dieta basal. Tras 56 días de suplementación, <i>O. niloticus</i> se desafió a <i>S. agalactiae</i> .	1% TUD	46,7
				1% GAD	67,7
				1% GID	53,3

Supervivencia relativa = $1 - (\% \text{ de mortalidad peces vacunados} / \% \text{ de mortalidad peces no vacunados}) \times 100$



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

A diferencia de una vacuna o un antibiótico, los fitobióticos combinan efectos inmunoestimulantes, antimicrobianos y antioxidantes en un solo producto gracias a la acción sinérgica de múltiples metabolitos secundarios presentes en las plantas y, como los probióticos, son una alternativa amigable con el medio acuático; sin embargo, muchos extractos provienen de plantas costosas o difíciles de producir, las variaciones en la composición activa de las plantas impide las dosificaciones consistentes, existe poco conocimiento sobre los mecanismos de acción en peces, algunos compuestos requieren de tecnologías como la microencapsulación y la adopción comercial requiere de métodos de producción estables, regulación clara y validaciones en condiciones reales de cultivo (Abdallah et al., 2024; Hoseinifar et al., 2020; Pudota et al., 2025).

Antibióticos

A pesar del desarrollo de estrategias de prevención basadas en vacunas, probióticos y manejo bioseguro, el uso de antimicrobianos continúa siendo la principal herramienta terapéutica en sistemas de producción intensiva, justo donde las altas densidades de cultivo y el estrés favorecen la aparición de brotes infecciosos (Done et al., 2015; Monteiro et al., 2016; O'Flaherty & Cummins, 2017; Sherif & Kassab, 2023).

Los antibióticos empleados para el control de *S. agalactiae* en tilapia incluyen β -lactámicos (amoxicilina, ampicilina), fluoroquinolonas (enrofloxacin, ciprofloxacina), tetraciclinas (oxitetraciclina, doxiciclina), anfenicoles (florfenicol) y macrólidos (eritromicina) aunque en algunos casos se ha reportado resistencia bacteriana frente los mismos fármacos (Tabla IV) (Abdallah et al., 2024; Delannoy et al., 2021; Deng et al., 2019; Hernández-Hernández et al., 2023; Leal et al., 2023).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla IV. Sensibilidad antimicrobiana de las cepas de *S. agalactiae* a los principales antibióticos en diferentes regiones.

Referencia	Región	Cepa	Sensible	Intermedia	Resistente
Delannoy et al. (2021)	África del Norte	<i>S. agalactiae</i> IV	amoxicilina, cloranfenicol, enrofloxacina, eritromicina, florfenicol, oxitetraciclina.		sulfametoxazol-trimetoprim.
Deng et al. (2019)	China	<i>S. agalactiae</i> Ia	Cefalexina, clindamicina, doxiciclina, enrofloxacina, eritromicina, florfenicol, gentamicina, norfloxacina, ofloxacina, penicilina, tetraciclina y vancomicina.	Cefalexina, clindamicina, doxiciclina, enrofloxacina, norfloxacina y tetraciclina.	Cefalexina, clindamicina, enrofloxacina, eritromicina, gentamicina, norfloxacina, penicilina y tetraciclina.
Hassan et al. (2026)	Egipto	<i>S. agalactiae</i> PV010354		Amoxicilina/ácido clavulánico, ciprofloxacina oxitetraciclina.	Ampicilina, eritromicina, kanamicina, novobiocina, penicilina, trimetoprima/sulfametoxazol.
Hernández - Hernández et al. (2023)	México	<i>S. agalactiae</i>	Ampicilina, bencilpenicilina, cefotaxima, ceftriaxona, clindamicina, cloranfenicol, eritromicina, levofloxacina, linezolid, moxifloxacina,		
			tetraciclina, tigeciclina, trimetoprim/sulfametoxazol y vancomicina.		
Leal et al. (2023)	Brasil	<i>S. agalactiae</i> Ib	Amoxicilina, doxiciclina oxitetraciclina, florfenicol.		Amoxicilina, norfloxacina y sulfametoxazol + trimetoprima.
Leal et al. (2023)	Brasil	<i>S. agalactiae</i> III	Amoxicilina, florfenicol.		Amoxicilina, doxiciclina, florfenicol, norfloxacina, oxitetraciclina y sulfametoxazol + trimetoprima.
Rozas-Serri et al. (2026)	América del Norte, Central y Sur	<i>S. agalactiae</i> Ia	Amoxicilina, florfenicol	Enrofloxacina, oxitetraciclina.	



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Los antibióticos poseen la capacidad de actuar directamente sobre la bacteria patógena y a diferencia de las vacunas, probióticos y fitobióticos, que son terapias profilácticas, pueden eliminar o controlar una infección en curso; sin embargo, el uso repetido o subóptimo genera cepas bacterianas resistentes, con riesgo de transferencia de genes de resistencia a bacterias patógenas para humanos; sobre todo la acuicultura, la diseminación de compuestos antimicrobianos en el medio acuático han resultado en la transferencia de genes de resistencia entre *S. agalactiae* y otras especies bacterianas acuáticas, situación que podría agravarse a medida que aumente la demanda de productos acuícolas (Done et al., 2015; Haenen et al., 2023; Hanson, 2020; Monteiro et al., 2016; O'Flaherty & Cummins, 2017).

► DISCUSIÓN

La estreptococosis se consolida como una de las enfermedades bacterianas de mayor impacto en la acuicultura mundial, particularmente en el cultivo de tilapia. La interacción entre las condiciones de los sistemas de producción intensivos, las limitaciones de las estrategias de control disponibles y la elevada capacidad adaptativa de las cepas de *S. agalactiae* caracterizada por la aparición de nuevos linajes, cambios en la virulencia y creciente resistencia antimicrobiana, convierte a la infección en un problema sanitario que evoluciona hacia escenarios epidemiológicos complejos (Abdallah et al., 2024; Abdallah et al., 2024; Juárez-Cortés et al., 2024; Megli et al., 2025; Schar et al., 2023; Sukenda et al., 2021; Van Doan et al., 2022).

En América Latina, el serotipo Ia-2021 emergente ha demostrado una elevada capacidad de diseminación y cuadros clínicos considerablemente más agresivos. El cambio epidemiológico observado en Colombia, donde durante años predominó un único clon (Ib/ST260) y ahora se enfrenta al serotipo Ia, representa un desafío adicional para la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

vigilancia epidemiológica nacional, dado que ambos linajes difieren en virulencia, presentación clínica, grupos etarios afectados y posiblemente en la respuesta a las estrategias de prevención (Barato et al., 2015; LaFrentz et al., 2026).

La epidemiología de *S. agalactiae* no depende exclusivamente de las características del microorganismo, sino de la interacción entre el agente, el hospedero y el ambiente; en consecuencia, la estreptococosis debe entenderse como una enfermedad multifactorial, la simple eliminación de la bacteria no garantiza el control si persisten las condiciones ambientales que favorecen su establecimiento, especialmente en cuerpos de agua compartidos (Delannoy et al., 2013; Fyrand et al., 2024; Liu et al., 2013; Phuoc et al., 2021).

Respecto a las estrategias de prevención, ninguna alternativa disponible ofrece protección absoluta frente a la estreptococosis, las medidas de bioseguridad representan la primera línea de defensa, pues reducen la probabilidad de ingreso y diseminación del patógeno en las unidades de producción; no obstante, su efectividad depende del cumplimiento riguroso por parte de los productores y de programas permanentes de capacitación y vigilancia, en países donde predominan pequeños productores con diferentes niveles tecnológicos, la implementación homogénea de protocolos de bioseguridad sigue siendo un reto importante (Haenen et al., 2023; Hanson, 2020; Naseer et al., 2025).

La diversidad genética de *S. agalactiae* constituye uno de los principales obstáculos para el desarrollo de medidas de control universales (Barony et al., 2017; Delannoy et al., 2012; Kayansamruaj et al., 2015). Las vacunas constituyen actualmente la herramienta preventiva con mayor respaldo; sin embargo, su eficacia depende de la similitud antigénica entre la cepa vacunal y la circulante en campo, por lo que los programas de vacunación requerirán actualizaciones periódicas conforme evolucione la población bacteriana. En este escenario, las vacunas autógenas adquieren un papel estratégico cuando no se cuenta con vacunas eficaces, como lo demuestra la experiencia colombiana durante

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



la emergencia sanitaria de 2023 (Du et al., 2022; Liu et al., 2016; Piamsomboon et al., 2024; Queiróz et al., 2024).

Por su parte, aunque los probióticos y fitobióticos constituyen una alternativa ambientalmente sostenible con resultados importantes en la sobrevivencia de *O. niloticus* frente *S. agalactiae*, aún es necesario profundizar en sus mecanismos de acción y establecer protocolos de producción que garanticen una composición bioactiva consistente (Hoseinifar et al., 2024; Merrifield et al., 2010; Pudota et al., 2025; Wanka et al., 2018; Xia et al., 2020; Zabidi et al., 2021).

El uso de antibióticos plantea importantes preocupaciones sanitarias, si bien numerosos aislamientos mantienen sensibilidad frente a amoxicilina y florfenicol, comienzan a documentarse perfiles variables de resistencia según la región geográfica y el serotipo, la aparición de cepas resistentes y el riesgo de transferencia horizontal de genes de resistencia entre bacterias ambientales y patógenas, refuerzan la necesidad de promover la integración de múltiples herramientas preventivas, enfocadas en programas integrales y resilientes de manejo sanitario, orientados no solo al tratamiento de la enfermedad, sino a la reducción de los factores predisponentes que favorecen su aparición (Hassan et al., 2026; Hoseinifar et al., 2024; Juárez-Cortés et al., 2024; Kelany et al., 2023; O'Flaherty & Cummins, 2017).

Finalmente, esta revisión identificó importantes vacíos de conocimiento en Colombia: la información sobre la distribución nacional de los diferentes serotipos sigue siendo limitada, al igual que los estudios sobre la evolución genética de las cepas circulantes, la resistencia antimicrobiana y la persistencia ambiental del patógeno; asimismo, existe escasa evidencia sobre la interacción entre *S. agalactiae* y otros factores sanitarios en los sistemas intensivos de producción colombianos, incluyendo coinfecciones, microbiota ambiental y variabilidad entre regiones productoras, la generación de este conocimiento permitirá fortalecer los programas nacionales de vigilancia y desarrollar estrategias de prevención más específicas para las condiciones epidemiológicas del país.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► CONCLUSIÓN

La estreptococosis es el mayor desafío sanitario en el cultivo de tilapia en sistemas de producción intensivos, siendo *Streptococcus agalactiae* el agente etiológico predominante. La interacción entre factores ambientales, prácticas de manejo y la ausencia de medidas de bioseguridad estrictas entre regiones ha facilitado la diseminación del patógeno, afectando la sostenibilidad del sector y la percepción de inocuidad de los productos acuícolas. El desarrollo de vacunas efectivas y la estandarización de tratamientos alternativos, como los probióticos y fitobióticos, siguen siendo temas de discusión e interés entre la comunidad científica. Es importante continuar realizando investigaciones sobre la epidemiología molecular, la patogénesis, la dinámica de transmisión y la resistencia antimicrobiana de *S. agalactiae* en sistemas de cultivo de tilapia. En Colombia, el agente etiológico de la estreptococosis en tilapia es *S. agalactiae*, del que se reconocen los serotipos Ib/ST260 y Ia/ST7, siendo este último un serotipo emergente asociado a cuadros agudos y de alta mortalidad que afectan todas las etapas productivas de tilapia, cuyas afectaciones incluyen dinámicas sociales, culturales, económicas y ambientales.

► AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño, Colombia, por promover este tipo de trabajos científicos. De igual manera, agradecen al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la misma universidad. Hacemos un reconocimiento especial a los revisores anónimos que nos han ayudado a mejorar sustancialmente el manuscrito.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► LITERATURA CITADA

Abdallah, E. S. H., Metwally, W. G. M., Abdel-Rahman, M. A. M., Albano, M., & Mahmoud, M. M. (2024). Streptococcus agalactiae Infection in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*): A Review. *Biology*, 13(11), 914. <https://doi.org/10.3390/biology13110914>

Abdallah, E. S. H., Metwally, W. G. M., Bayoumi, S. A. L. H., Abdel Rahman, M. A. M., & Mahmoud, M. M. (2024). Isolation and characterization of Streptococcus agalactiae inducing mass mortalities in cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with trials for disease control using zinc oxide nanoparticles and ethanolic leaf extracts of some medicinal plants. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 468. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04298-z>

Abd El-Hamid, M. I., Ibrahim, S. M., Eldemery, F., El-Mandrawy, S. A. M., Metwally, A. Sh., Khalifa, E., Elnahriry, S. S., & Ibrahim, D. (2021). Dietary cinnamaldehyde nanoemulsion boosts growth and transcriptomes of antioxidant and immune related genes to fight Streptococcus agalactiae infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 113, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.03.021>

Abu-Elala, N. M., Samir, A., Wasfy, M., & Elsayed, M. (2019). Efficacy of Injectable and Immersion Polyvalent Vaccine against Streptococcal Infections in Broodstock and Offspring of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 88, 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.042>

Appel, R. J. C., Siqueira, K. N., Konstantinidis, I., Martins, M. I. M., Joshi, R., Pretto-Giordano, L. G., Vilas-Boas, L. A., & Fernandes, J. M. de O. (2025). Comparative transcriptome analysis reveals a serotype-specific immune response in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) infected with Streptococcus agalactiae. *Frontiers in Immunology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1528721>

Assefa, A., & Abunna, F. (2018). Maintenance of Fish Health in Aquaculture: Review of Epidemiological Approaches for Prevention and Control of Infectious Disease of Fish. *Veterinary Medicine International*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/5432497>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Avila-Castillo, R. A., del Rio-Rodriguez, R. E., Soto-Rodriguez, S. A., Navarro-Flores, J., Cu-Escamilla, A. D., Marrujo-Lopez, F. I., Aguilar-Rendon, K. G., & Gomez-Solano, M. I. (2026). Confirmed Outbreaks of Streptococcosis Caused by *Streptococcus agalactiae* Serotype Ia in Nile Tilapia Culture From Campeche, Mexico. *Journal of Fish Diseases*, 49(8). <https://doi.org/10.1111/jfd.70159>

Barato, P., Martins, E. R., Melo-Cristino, J., Iregui, C. A., & Ramirez, M. (2015). Persistence of a single clone of *Streptococcus agalactiae* causing disease in tilapia (*Oreochromis* sp.) cultured in Colombia over 8 years. *Journal of Fish Diseases*, 38(12), 1083–1087. <https://doi.org/10.1111/jfd.12337>

Barony, G. M., Tavares, G. C., Pereira, F. L., Carvalho, A. F., Dorella, F. A., Leal, C. A. G., & Figueiredo, H. C. P. (2017). Large-scale genomic analyses reveal the population structure and evolutionary trends of *Streptococcus agalactiae* strains in Brazilian fish farms. *Scientific Reports*, 7(1), 13538. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13228-z>

Barro, C., Salloum, M., Lim, S., Delputte, P., & Le Doare, K. (2023). Simultaneous carriage of multiple serotypes of Group B *Streptococcus*: Systematic review and meta-analysis. *Vaccine*, 41(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.11.024>

Barton, P. S., McIntyre, S., Evans, M. J., Bump, J. K., Cunningham, S. A., & Manning, A. D. (2016). Substantial long-term effects of carcass addition on soil and plants in a grassy eucalypt woodland. *Ecosphere*, 7(10). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1537>

Bianchi-Jassir, F., Paul, P., To, K.-N., Carreras-Abad, C., Seale, A. C., Jauneikaite, E., Madhi, S. A., Russell, N. J., Hall, J., Madrid, L., Bassat, Q., Kwatra, G., Le Doare, K., & Lawn, J. E. (2020). Systematic review of Group B *Streptococcal* capsular types, sequence types and surface proteins as potential vaccine candidates. *Vaccine*, 38(43), 6682–6694. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.052>

Carrera-Quintana, S. C., Gentile, P., & Girón-Hernández, J. (2022). An overview on the aquaculture development in Colombia: Current status, opportunities and challenges. *Aquaculture*, 561, 738583. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738583>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Chen, M., Li, L.-P., Wang, R., Liang, W.-W., Huang, Y., Li, J., Lei, A.-Y., Huang, W.-Y., & Gan, X. (2012). PCR detection and PFGE genotype analyses of streptococcal clinical isolates from tilapia in China. *Veterinary Microbiology*, 159(3–4), 526–530. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.04.035>

Contraloría General de la República. (2023). *Actuación Especial de Fiscalización (AEF) Emergencias Zoonositaria (Streptococcus) Y Fitosanitaria (FOC R4T)* (pp. 1–42). <https://www.ica.gov.co/areas/control-interno/vigencias/2023/12-informe-aef-ica-aunap-streptococcus-y-foc-r4t.aspx>

Debnath, S. C., McMurtrie, J., Temperton, B., Delamare-Deboutteville, J., Mohan, C. V., & Tyler, C. R. (2023). Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease. *Aquaculture International*, 31(5), 2945–2976. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01117-4>

Delannoy, C. M., Crumlish, M., Fontaine, M. C., Pollock, J., Foster, G., Dagleish, M. P., Turnbull, J. F., & Zadoks, R. N. (2013). Human *Streptococcus agalactiae* strains in aquatic mammals and fish. *BMC Microbiology*, 13(1), 41. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-41>

Delannoy, C., Samai, H., & Labrie, L. (2021). *Streptococcus agalactiae* serotype IV in farmed tilapia. *Aquaculture*, 544, 737033. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737033>

Deng, L., Li, Y., Geng, Y., Zheng, L., Rehman, T., Zhao, R., Wang, K., OuYang, P., Chen, D., Huang, X., He, C., Yang, Z., & Lai, W. (2019). Molecular serotyping and antimicrobial susceptibility of *Streptococcus agalactiae* isolated from fish in China. *Aquaculture*, 510, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.046>

Deng, Y., Lin, Z., Xu, L., Jiang, J., Cheng, C., Ma, H., & Feng, J. (2024). A first report of *Streptococcus iniae* infection of the spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*). *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1404054>

Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas. (2024). *Cadena de la Acuicultura* (pp. 1–33).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Done, H. Y., Venkatesan, A. K., & Halden, R. U. (2015). Does the Recent Growth of Aquaculture Create Antibiotic Resistance Threats Different from those Associated with Land Animal Production in Agriculture? *The AAPS Journal*, 17(3), 513–524. <https://doi.org/10.1208/s12248-015-9722-z>

Du, Y., Hu, X., Miao, L., & Chen, J. (2022). Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336>

Espirito Santo, A. H., Brito, T. S., Brandão, L. L., Tavares, G. C., Leibowitz, M. P., Prado, S. A., Ferraz, V. P., Hoyos, D. C. M., Turra, E. M., Teixeira, E. A., Figueiredo, H. C. P., Leal, C. A. G., & Ribeiro, P. A. P. (2020). Dietary supplementation of dry oregano leaves increases the innate immunity and resistance of Nile tilapia against *Streptococcus agalactiae* infection. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(2), 418–436. <https://doi.org/10.1111/jwas.12602>

FAO. (2025). *GLOBEFISH | Quarterly Tilapia analysis - August 2025* (pp. 1–5). <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd6774en>

FEDEACUA. (2023). Podemos tener una gran acuicultura ornamental sostenible. *Acuicultores*, 1–54. https://fedecua.org/files/acuicultores_13_compressed1.pdf

Fyrand, K., Xu, C., & Evensen, Ø. (2024). Characterization of *Streptococcus agalactiae* 1a isolated from farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in North America, Central America, and Southeast Asia. *Fish & Shellfish Immunology*, 154, 109919. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109919>

Guimarães, M. C., Cerezo, I. M., Fernandez-Alarcon, M. F., Natori, M. M., Sato, L. Y., Kato, C. A. T., Moriñigo, M. A., Tapia-Paniagua, S., Dias, D. de C., Ishikawa, C. M., Ranzani-Paiva, M. J. T., Cassiano, L. L., Bach, E. E., Clissa, P. B., Orefice, D. P., & Tachibana, L. (2022). Oral Administration of Probiotics (*Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum*) in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Vaccinated and Challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Fishes*, 7(4), 211. <https://doi.org/10.3390/fishes7040211>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Haenen, O. L. M., Dong, H. T., Hoai, T. D., Crumlish, M., Karunasagar, I., Barkham, T., Chen, S. L., Zadoks, R., Kiermeier, A., Wang, B., Gamarro, E. G., Takeuchi, M., Azmai, M. N. A., Fouz, B., Pakingking, R., Wei, Z. W., & Bondad-Reantaso, M. G. (2023). Bacterial diseases of tilapia, their zoonotic potential and risk of antimicrobial resistance. *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 154–185. <https://doi.org/10.1111/raq.12743>

Hanson, L. A. (2020). Practical Management of Bacterial Diseases in Finfish Aquaculture to Minimise Antimicrobial Resistance. *Asian Fisheries Science*, 33 S. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2020.33.S1.009>

Hassan, M. M. A., Khalil, R. H., Abotaleb, M. M., Amer, M. T., & Abdel-Latif, H. M. R. (2026). Characterization and antibiogram of bacterial isolates from diseased farmed Nile tilapia in Beheira governorate, Egypt. *BMC Veterinary Research*, 22(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-05227-4>

Hernández, E., Figueroa, J., & Iregui, C. (2009). Streptococcosis on a red tilapia, *Oreochromis* sp., farm: a case study. *Journal of Fish Diseases*, 32(3), 247–252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00981.x>

Hernández-Hernández, M., García-Márquez, L., Gutiérrez-Jiménez, J., Feliciano-Guzmán, J., López-Santiz, R., & Bautista-Trujillo, G. (2023). *Oreochromis niloticus* exhibe una prevalencia mayor de *Streptococcus* beta hemolítico cuando se mantienen en jaulas en comparación con estanques. *Abanico Veterinario*, 13. <https://doi.org/10.21929/abavet2023.19>

He, Y., Huang, J.-L., Wang, K., Chen, D.-F., Geng, Y., Huang, X.-L., Ou-Yang, P., Zhou, Y., Wang, Y., Ming, J., & Lai, W.-M. (2018). Pathogenicity of streptococcus agalactiae in oreochromis niloticus. *Oncotarget*. <https://www.oncotarget.com/article/23551/text/>

Hoseinifar, S. H., Ashouri, G., Marisaldi, L., Candelma, M., Basili, D., Zimbelli, A., Notarstefano, V., Salvini, L., Randazzo, B., Zarantoniello, M., Pessina, A., Sojan, J. M., Vargas, A., & Carnevali, O. (2024). Reducing the Use of Antibiotics in European Aquaculture with Vaccines, Functional Feed Additives and Optimization of the Gut Microbiota. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(2), 204. <https://doi.org/10.3390/jmse12020204>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Hoseinifar, S. H., Sun, Y.-Z., Zhou, Z., Van Doan, H., Davies, S. J., & Harikrishnan, R. (2020). Boosting Immune Function and Disease Bio-Control Through Environment-Friendly and Sustainable Approaches in Finfish Aquaculture: Herbal Therapy Scenarios. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(3), 303–321. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1731420>

Hussein, M. M. A., Hassan, W. H., Yassen, H. A., & Osman, A. M. A. (2025). Surveillance of streptococcosis among cultured gilthead seabream (*Sparus aurata*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*) from Dibah triangle, Egypt. *Aquaculture International*, 33(6), 398. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02077-7>

Iqbal, T., Salma, U., Umair, M., Iqbal, H., Asmara, ., Khalid, T., & Hyder, S. (2024). Utilizing Medicinal Plants for Disease Treatment in Aquaculture: An Approach to Improve Fish Health. *MARKHOR (The Journal of Zoology)*, 03–10. <https://doi.org/10.54393/mjz.v5i03.119>

Jiménez, A., Rey, A., Penagos, L., Ariza, M., Figueroa, J., & Iregui, C. (2007). Streptococcus agalactiae: hasta ahora el único Streptococcus patógeno de tilapias cultivadas en Colombia. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54(2), 285–294. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639214004>

Juárez-Cortés, M. Z., Vázquez, L. E. C., Díaz, S. F. M., & Cardona Félix, C. S. (2024). Streptococcus iniae in aquaculture: a review of pathogenesis, virulence, and antibiotic resistance. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 12(1), 25–38. <https://doi.org/10.1080/23144599.2024.2348408>

Kawasaki, M., Delamare-Deboutteville, J., Bowater, R. O., Walker, M. J., Beatson, S., Ben Zakour, N. L., & Barnes, A. C. (2018). Microevolution of Streptococcus agalactiae ST-261 from Australia Indicates Dissemination via Imported Tilapia and Ongoing Adaptation to Marine Hosts or Environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(16). <https://doi.org/10.1128/AEM.00859-18>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Kusi, I. O., Obirikorang, K. A., & Adjei-Boateng, D. (2025). Effects of Phytobiotic *Curcuma longa*, *Allium sativum* and *Zingiber officinale* -Supplemented Diets on Growth, Utilisation of Feed and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Resistance Against *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture Research*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/are/9911375>

LaFrentz, B. R., Barato, P., Keleher, W. R., Johnston, A. E., Raftery, M., & Abernathy, J. W. (2026). Emergence, identification, and characterization of a novel *Streptococcus agalactiae* CPS type Ia ST7 strain (Ia-2021) causing large scale mortalities in tilapia aquaculture. *Scientific Reports*, 16(1), 20338. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-52208-0>

Lannes-Costa, P. S., Oliveira, J. S. S., Silva Santos, G., & Nagao, P. E. (2021). A current review of pathogenicity determinants of *Streptococcus* sp. *Journal of Applied Microbiology*, 131(4), 1600–1620. <https://doi.org/10.1111/jam.15090>

Leal, C. A. G., Queiroz, G. A., Pereira, F. L., Tavares, G. C., & Figueiredo, H. C. P. (2019). *Streptococcus agalactiae* Sequence Type 283 in Farmed Fish, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 25(4), 776–779. <https://doi.org/10.3201/eid2504.180543>

Leal, C. A. G., Silva, B. A., & Colombo, S. A. (2023). Susceptibility Profile and Epidemiological Cut-Off Values Are Influenced by Serotype in Fish Pathogenic *Streptococcus agalactiae*. *Antibiotics*, 12(12), 1726. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12121726>

Leal, C. A. G., Xavier, R. G. C., Queiroz, G. A. de, Silva, T. M. F., Teixeira, J. P., Aburjaile, F. F., & Tavares, G. C. (2024). *Streptococcus agalactiae* Infection in Wild Trahira (*Hoplias malabaricus*) and Farmed Arapaima (*Arapaima gigas*) in Brazil: An Interspecies Transmission in Aquatic Environments Shared with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Microorganisms*, 12(12), 2393. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122393>

Legario, F. S., Choresca, C. H., Turnbull, J. F., & Crumlish, M. (2020). Isolation and molecular characterization of streptococcal species recovered from clinical infections in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Philippines. *Journal of Fish Diseases*, 43(11), 1431–1442. <https://doi.org/10.1111/jfd.13247>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Liao, P.-C., Tsai, Y.-L., Chen, Y.-C., Wang, P.-C., Liu, S.-C., & Chen, S.-C. (2020). Analysis of Streptococcal Infection and Correlation with Climatic Factors in Cultured Tilapia *Oreochromis* spp. in Taiwan. *Applied Sciences*, 10(11), 4018. <https://doi.org/10.3390/app10114018>

Linh, N. V., Dien, L. T., Dong, H. T., Khongdee, N., Hoseinifar, S. H., Musthafa, M. S., Dawood, M. A. O., & Van Doan, H. (2022). Efficacy of Different Routes of Formalin-Killed Vaccine Administration on Immunity and Disease Resistance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Fishes*, 7(6), 398. <https://doi.org/10.3390/fishes7060398>

Liu, G., Zhang, W., & Lu, C. (2013). Comparative genomics analysis of *Streptococcus agalactiae* reveals that isolates from cultured tilapia in China are closely related to the human strain A909. *BMC Genomics*, 14(1), 775. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-775>

Liu, G., Zhu, J., Chen, K., Gao, T., Yao, H., Liu, Y., Zhang, W., & Lu, C. (2016). Development of *Streptococcus agalactiae* vaccines for tilapia. *Diseases of Aquatic Organisms*, 122(2), 163–170. <https://doi.org/10.3354/dao03084>

Liu, J., Liu, G., Cao, Y., Du, H., Liu, T., Liu, M., Li, P., He, Y., Wang, G., Yu, Q., & Wang, E. (2023). BNC-rSS, a bivalent subunit nanovaccine affords the cross-protection against *Streptococcus agalactiae* and *Streptococcus iniae* infection in tilapia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 126670. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126670>

Li, W., He, H., Li, S., Jiang, B., Liu, C., Huang, Y., & Su, Y. (2024). Effects of dietary *Lactobacillus reuteri* on antimicrobial activity, antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Streptococcus agalactiae* infection of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 35, 101976. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.101976>

Maekawa, S., Wang, Y., Yoshida, T., Wang, P., & Chen, S. (2020). Group C *Streptococcus dysgalactiae* infection in fish. *Journal Of Fish Diseases*, 43(9), 963-970. <https://doi.org/10.1111/jfd.13211>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



MacKinnon, B., Debnath, P. P., Bondad-Reantaso, M. G., Fridman, S., Bin, H., & Nekouei, O. (2023). Improving tilapia biosecurity through a value chain approach. *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 57–91. <https://doi.org/10.1111/raq.12776>

Marco, J., Valbuena, N., Valderrama, D., & Vásquez, M. (2025). Examining the success of the tilapia industry in Huila, an emerging aquaculture hub in the Colombian Southwest. *Aquaculture Economics & Management*, 29(2), 180–206. <https://doi.org/10.1080/13657305.2025.2455423>

Megli, C. J., Carlin, S. M., Giacobe, E. J., Hillebrand, G. H., & Hooven, T. A. (2025). Virulence and pathogenicity of group B *Streptococcus* : Virulence factors and their roles in perinatal infection. *Virulence*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/21505594.2025.2451173>

Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T. M., Bøgdal, J., Castex, M., & Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302(1–2), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007>

Mishra, A., Nam, G.-H., Gim, J.-A., Lee, H.-E., Jo, A., & Kim, H.-S. (2018). Current Challenges of *Streptococcus* Infection and Effective Molecular, Cellular, and Environmental Control Methods in Aquaculture. *Molecules and Cells*, 41(6), 495–505. <https://doi.org/https://doi.org/10.14348/molcells.2018.2154>

Mohamed, amira, ElAsely, A., Abdel Gwad, E., Abbass, A., & Shaheen, A. (2023). Prevalence of Streptococcosis-related Mortalities in Farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) at Different Life Stages. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 54(5), 949–964. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2023.207062.1494>

Monteiro, S. H., Garcia, F., Gozi, K. S., Romera, D. M., Francisco, J. G., Moura-Andrade, G. C. R., & Tornisielo, V. L. (2016). Relationship between antibiotic residues and occurrence of resistant bacteria in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in cage-farm. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51(12), 817–823. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1208457>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Mo, X.-B., Wang, J., Guo, S., & Li, A.-X. (2020). Potential of naturally attenuated *Streptococcus agalactiae* as a live vaccine in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 518, 734774. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734774>

Naseer, A., Waheed, N., Liaqat, A., Ather, N., Fatima, N., Fatima, E., Iqbal, H. A., Kaleem, A., & Raza, M. S. (2025). Current Execution of Autogenous Vaccine for Health Management in Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Aquaculture - A Review. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 13(01), 177–189. <https://doi.org/10.36347/sajb.2025.v13i01.018>

O'Flaherty, E., & Cummins, E. (2017). Antibiotic resistance in surface water ecosystems: Presence in the aquatic environment, prevention strategies, and risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(2), 299–322. <https://doi.org/10.1080/10807039.2016.1247254>

Ortega, C., García, I., Irgang, R., Fajardo, R., Tapia-Cammas, D., Acosta, J., & Avendaño-Herrera, R. (2018). First identification and characterization of *Streptococcus iniae* obtained from tilapia (*Oreochromis aureus*) farmed in Mexico. *Journal of Fish Diseases*, 41(5), 773–782. <https://doi.org/10.1111/jfd.12775>

Pau, E. J. J. N., & Yong, C. C. (2025). Input–output analysis of *Streptococcus* disease impact on Malaysian tilapia production and exports. *Aquaculture International*, 33(6), 494. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02180-9>

Phuoc, N. N., Linh, N. T. H., Crestani, C., & Zadoks, R. N. (2021). Effect of strain and enviromental conditions on the virulence of *Streptococcus agalactiae* (Group B *Streptococcus*; GBS) in red tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture*, 534, 736256. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736256>

Piamsomboon, P., Jantrakajorn, S., Tanpichai, P., & Wongtavatchai, J. (2024). Implementation of formalin-inactivated *Streptococcus agalactiae* vaccine in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* broodstock: Efficient vaccination regime, antibody response, and immune-related genes. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 50(4), 558–565. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.09.006>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Pradeep, P. J., Suebsing, R., Sirthammajak, S., Kampeera, J., Jitrakorn, S., Saksmerprome, V., Turner, W., Palang, I., Vanichviriyakit, R., Senapin, S., Jeffs, A., Kiatpathomchai, W., & Withyachumanarnkul, B. (2016). Evidence of vertical transmission and tissue tropism of Streptococcosis from naturally infected red tilapia (*Oreochromis* spp.). *Aquaculture Reports*, 3, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.12.002>

Pudota, B. A., Tambireddy, N., Chennu, R., Chethurajupalli, L., Shaik, H., Nadella, R. K., Chatterjee, N. S., & Paturi, A. P. (2025). Exploring the perspectives of phytobiotics and their role in aquaculture: Present status and future trends. *The Microbe*, 8, 100496. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100496>

Pulido, A., Iregui, C., Figueroa, J., & Klesius, P. (2004). Estreptococosis en tilapias (*Oreochromis* spp.) cultivadas en Colombia. *Aquatic*, 1(20), 97–106. <https://www.redalyc.org/pdf/494/49402010.pdf>

Queiróz, G. A. de, Silva, T. M. F. e, & Leal, C. A. G. (2024). Duration of Protection and Humoral Immune Response in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Vaccinated against *Streptococcus agalactiae*. *Animals*, 14(12), 1744. <https://doi.org/10.3390/ani14121744>

Resolución No.6535, Pub. L. Resolución No.6535, Instituto Colombia Agropecuario 1 (2023). <https://www.ica.gov.co/getattachment/7e70025e-4aac-4a21-8ab0-2be6dcaa48b6/2023R00006535.aspx>

Rozas-Serri, M., Fernandez-Alarcon, M., Miyoko-Natori, M., Galetti, R., Harakava, R., Cardoso-Guimarães, M., & Ildfonso, R. (2026). *Streptococcus agalactiae* Serotype Ia ST7 CC1 in Farmed Nile Tilapia in Latin America: Age-Dependent Disease Expression and Antimicrobial Susceptibility of an Emerging Clonal Lineage. *Pathogens*, 15(5), 545. <https://doi.org/10.3390/pathogens15050545>

Ruben, M. O., Akinsanola, A. B., Okon, M. E., Shitu, T., & Jagunna, I. I. (2025). Emerging challenges in aquaculture: Current perspectives and human health implications. *Veterinary World*, 15–28. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.15-28>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Sherif, A. H., & Kassab, A. S. (2023). Multidrug-resistant *Aeromonas* bacteria prevalence in Nile tilapia broodstock. *BMC Microbiology*, 23(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02827-8>

Sukenda, S., Suhermanto, A., Jr., M. Z., Lusiastuti, A. M., Nuryati, S., & Hidayatullah, D. (2021). VIRULENCE GENE PROFILING AND PATHOGENICITY OF *Streptococcus agalactiae* ISOLATED FROM TILAPIA, *Oreochromis niloticus* FARMS IN INDONESIA. *Indonesian Aquaculture Journal*, 16(2), 119. <https://doi.org/10.15578/iaj.16.2.2021.119-125>

Tavares, G. C., Costa, F. A. de A., Santos, R. R. D., Barony, G. M., Leal, C. A. G., & Figueiredo, H. C. P. (2016). Nonlethal sampling methods for diagnosis of *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 454, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.12.028>

Thiriez, G. (2023). *Streptococcus agalactiae* Ia: duro golpe a Acuacultores en El Guájaro. In *Acuicultores* (pp. 1–50). https://fedecua.org/files/acuicultores_10_compressed_11.pdf

Van Doan, H., Soltani, M., Leitão, A., Shafiei, S., Asadi, S., Lymbery, A. J., & Ringø, E. (2022). Streptococcosis a Re-Emerging Disease in Aquaculture: Significance and Phytotherapy. *Animals*, 12(18), 2443. <https://doi.org/10.3390/ani12182443>

Vásquez-Machado, G., Barato-Gómez, P., & Iregui-Castro, C. (2019). Morphological characterization of the adherence and invasion of *Streptococcus agalactiae* to the intestinal mucosa of tilapia *Oreochromis* sp.: An in vitro model. *Journal of Fish Diseases*, 42(9), 1223–1231. <https://doi.org/10.1111/jfd.13042>

VECOL. (2024a). *BIOLÓGICO AUTÓGENO (AUTOVACUNA) contra Streptococcus agalactiae Serotipos la ST7 y lb en Tilapia (Oreochromis spp).* <https://www.vecol.com.co/wp-content/uploads/2024/09/FICHA-AUTOVACUNA-TILAPIA.pdf>

VECOL. (2024b). *BIOLÓGICO AUTÓGENO (AUTOVACUNA) contra Weissella tructae en Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss).* <https://www.vecol.com.co/wp-content/uploads/2024/09/FICHA-AUTOVACUNA-TRUCHA.pdf>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Vijayaram, S., Chou, C.-C., Razafindralambo, H., Ghafarifarsani, H., Divsalar, E., & Doan, H. Van. (2024). Bacillus Sp. as Potential Probiotics for Use in Tilapia Fish Farming Aquaculture – A Review. *Annals of Animal Science*, 24(4), 995–1006. <https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0031>

Waghela, T., Bhatt, V., Dariwala, A., & Saroj, D. (2024). Comparative Study on Impact Assessment of Dead Fish on the Quality Parameters of Fresh and Sea Water. *UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY*, 45(15), 25–34. <https://doi.org/10.56557/upjoz/2024/v45i154218>

Wanka, K. M., Damerau, T., Costas, B., Krueger, A., Schulz, C., & Wuertz, S. (2018). Isolation and characterization of native probiotics for fish farming. *BMC Microbiology*, 18(1), 119. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1260-2>

Xia, Y., Wang, M., Gao, F., Lu, M., & Chen, G. (2020). Effects of dietary probiotic supplementation on the growth, gut health and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Nutrition*, 6(1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.07.002>

Yang, Y., Chen, M., Wu, Z., Zhang, D., Lin, H., Wei, X., Han, B., Guo, Z., & Ye, J. (2023). Capsular polysaccharide mediates *Streptococcus agalactiae* to resist Nile tilapia macrophage phagocytosis. *Aquaculture*, 573, 739587. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739587>

Zabidi, A., Yusoff, F. M., Amin, N., Yaminudin, N. J. M., Puvanasundram, P., & Karim, M. M. A. (2021). Effects of Probiotics on Growth, Survival, Water Quality and Disease Resistance of Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis* spp.) Fingerlings in a Biofloc System. *Animals*, 11(12), 3514. <https://doi.org/10.3390/ani11123514>

Zhang, D., Ke, X., Liu, Z., Cao, J., Su, Y., Lu, M., Gao, F., Wang, M., Yi, M., & Qin, F. (2019). Capsular polysaccharide of *Streptococcus agalactiae* is an essential virulence factor for infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). *Journal of Fish Diseases*, 42(2), 293–302. <https://doi.org/10.1111/jfd.12935>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Zhang, Z., Yu, A., Lan, J., Zhang, H., Hu, M., Cheng, J., Zhao, L., Lin, L., & Wei, S. (2017). GapA, a potential vaccine candidate antigen against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 63, 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.02.019>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



directorio



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revisión Científica

Estado del conocimiento sobre los helmintos de peces en cenotes de la Península de Yucatán en 90 años de estudio

Current state of knowledge on fish
helminths from cenotes in the
Yucatán Peninsula: 90 years
of research



1. Claudina Mata-Marcano



0009-0001-1204-4372

Universidad Nacional Autónoma de México,
Escuela Nacional de Estudios Superiores
(ENES-Mérida), Yucatán, México.



2. Gerardo Pérez-Ponce



0000-0001-6472-5113

Universidad Nacional Autónoma de México,
Escuela Nacional de Estudios Superiores
(ENES-Mérida), Yucatán, México.

Autor de correspondencia: ppdleon@enesmerida.unam.mx



Estado del conocimiento sobre los helmintos de peces en cenotes de la Península de Yucatán en 90 años de estudio

Current state of knowledge on fish helminths from cenotes in the Yucatán Peninsula: 90 years of research

► RESUMEN

Los cenotes representan los ecosistemas acuáticos kársticos más característicos de la Península de Yucatán y cuentan con especies endémicas de vertebrados e invertebrados, incluyendo peces y sus parásitos. El primer registro de helmintos parasitando a peces de cenotes se realizó en 1936; hasta el año 2025 se habían reportado 61 especies de parásitos de peces comprendidos en cinco grupos taxonómicos: Trematodos, monogeneos, cestodos, acantocéfalos y nematodos. Los registros se encuentran en fuentes aisladas y no se cuenta con una recopilación de toda la información existente; en este trabajo se reúne y analiza la información para detectar tendencias y plantear estrategias de investigación a futuro. De las 61 especies de parásitos colectados, 26 se encontraron tanto en Yucatán como en Quintana Roo, mientras que 30 únicamente en Yucatán y cinco solo en Quintana Roo. Los trematodos son el grupo dominante de parásitos de peces con 25 especies, la mayoría reportadas como metacercarias, siguiéndolos monogeneos con 14, nematodos con 10, cestodos con ocho y acantocéfalos con cinco especies. Los helmintos se han recolectado de 20 especies de hospederos en 50 cenotes en toda la península. El bagre, *Rhamdia guatemalensis* es la especie de hospedero con mayor número de especies de parásitos registrados, con 21; mientras que solo una especie de parásito ha sido reportada para las especies *Typhliasina pearsei*, *Thorichthys aureus*, *Trichromis salvini* y *Mayaheros mayorum*.

Palabras clave: Riqueza, cenotes, peces, helmintos, Yucatán



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Cenotes (sinkholes) are the most distinctive karstic aquatic ecosystems in the Yucatán Peninsula; their diversity includes several endemic vertebrate and invertebrate species, including fish and their parasites. The first record of fish helminths from cenotes was published in 1936; until 2025, 61 species of fish parasites have been recorded from five taxonomic groups: trematodes, monogeneans, cestodes, acanthocephalans, and nematodes. Given that these records and the existing information are scattered and they have not been compiled in a unified source, this work gathered and analyzed the available information to describe diversity patterns and propose future directions in the study of the richness of helminth parasites of fish in cenotes. Out of the 61 species collected, 26 were found in Yucatán and Quintana Roo states, whereas 30 only in the Yucatán, and five exclusively in Quintana Roo. Trematodes are the dominant group of fish parasites in terms of the number of species (25), most of them reported as metacercariae, followed by monogeneans (14), nematodes (10), cestodes (8), and acanthocephalans represented by five species. Parasitic helminths were collected from 20 host species in 50 cenotes across the peninsula. The pale catfish, *Rhamdia guatemalensis* is the host species with the highest parasite species richness (21), while just one species was reported for the hosts *Typhliasina pearsei*, *Thorichthys aureus*, *Trichromis salvini* y *Mayaheros mayorum*.

Keywords: Diversity, cenotes, fish, helminth parasites, Yucatán

► INTRODUCCIÓN

Las características geológicas e hidrológicas particulares de la Península de Yucatán generan un ambiente limnológico único representado por sistemas acuáticos kársticos, que comprenden pequeñas depresiones circulares de pocos centímetros (sartenejas), dolinas (hoyas), aguadas, ojos de agua, poljes, uvalas y cenotes (Reddell, 1977; Schmitter-Soto et al., 2002a). El agua subterránea de estos ecosistemas constituye la única



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

fuelle de agua dulce de la región (Bauer-Gottwein et al., 2011; Cervantes-Martínez et al., 2018). El término cenote proviene del maya *tz'ono'ot* y es utilizado para designar cualquier manifestación kárstica con conexión al nivel freático (Gaona-Vizcayno et al., 1980). Los cenotes constituyen hábitats únicos que cuentan con fauna característica, incluyendo varias especies endémicas de peces y parásitos (Pearse, 1936; Schmitter-Soto et al., 2002b; Scholz, 1998). A pesar de la importancia de los cenotes, solo existen reportes de fauna en menos del 2% de los 8,000 a 9,000 que se estima existen en toda la península de Yucatán (Lara-Lara et al., 2008; Hernández-Marroquín et al., 2026), de los cuales al menos 3000 están localizados tan solo en el estado de Yucatán (Angyal et al., 2020).

La distribución y composición faunística en ecosistemas acuáticos continentales del norte de Yucatán está influenciada por la naturaleza kárstica de la península (Wilkens, 1979). En cenotes de la península, se han reportado más de 50 especies de peces (Suárez-Morales & Riviera-Arriaga, 1998); sin embargo, de éstas, solo 22 se consideran representativas de la ictiofauna de estos ambientes: *Astyanax aeneus* (Günther, 1860), *Astyanax altior* Hubbs, 1936, *Belonesox belizanus* Kner, 1860, *Eleotris pisonis* (Gmelin, 1789), *Floridichthys polymmus* Hubbs, 1936, *Gambusia yucatanana* Regan, 1914, *Gerres cinereus* (Walbaum, 1792), *Gobiomorus dormitor* Lacepède, 1800, *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758), *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862), *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847, *Typhliasina pearsei* (Hubbs, 1938), *Ophisternon infernale* (Hubbs, 1938), *Petenia splendida* Günther, 1862, *Poecilia mexicana* Steindachner, 1863, *Poecilia orri* Fowler, 1943, *Poecilia velifera* (Regan, 1914), *Rhamdia guatemalensis* (Günther, 1864), *Rocio octofasciata* (Regan, 1903), *Strongylura notata* (Poey, 1860), *Thorichthys meeki* Brind, 1918, *Vieja melanurus* (Günther, 1862) (Schmitter-Soto et al., 2002b). Generalmente, en los cenotes de zonas más continentales, además de peces cavernícolas, se encuentran

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

las especies *R. guatemalensis*, *G. yucatanana* y *M. urophthalmus*, mientras que en zonas más cercanas a la costa dominan los cíclidos y aumenta el número de especies con la presencia del carácido *A. aeneus* y los poeciílidos *B. belizanus*, *P. mexicana* y *P. velifera*, así como también algunas especies marinas (Wilkins, 1979; Schmitter-Soto, 2020; Schmitter-Soto, 2021).

En cuanto a los helmintos de peces de cenotes de la Península, los primeros reportes fueron realizados durante la década de 1930 como parte de expediciones más amplias que buscaban conocer la fauna e hidrología de la región, destacando las contribuciones de Manter (1936), Pearse (1936), y Stunkard (1938). Posteriormente, en la década de los noventa, diversos estudios permitieron conocer detalles sobre la morfología, distribución y especificidad hacia los hospederos y algunos detalles del ciclo de vida de los parásitos de peces en estos ambientes (Scholz et al., 1995a, b, 1996a; Moravec et al., 1995a, 1995b; Mendoza-Franco et al., 1999). La información se encuentra dispersa en varias fuentes bibliográficas que fueron generadas intermitentemente en un periodo de 60 años, entre 1936 y 1998. El objetivo principal de esta revisión es precisamente el de recopilar la información publicada hasta el momento, analizar el estado de conocimiento actual sobre helmintos de peces en cenotes de la Península de Yucatán y describir patrones generales como un primer paso para proponer estrategias para lograr una descripción más precisa de la biodiversidad de estos importantes ecosistemas en esa región del país.

► MATERIALES Y MÉTODOS

La presente revisión está basada principalmente en los datos compilados por García-Prieto et al. (2022), quienes sintetizaron la información disponible en la literatura desde 1936 hasta 2021 sobre las interacciones entre parásitos y peces de cuerpos de aguas continentales de México. Adicionalmente, se realizaron búsquedas en las bases de datos Scopus y Web of Science usando los términos “parasite AND Yucatán AND cenotes OR sinkholes” bajo los parámetros de consulta de título, resumen y palabras claves. Los resultados obtenidos fueron filtrados para incluir estudios publicados en el periodo desde 2021 a 2026.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Solo se consideraron los reportes de parásitos de peces en cenotes de la península identificados a nivel de especie, es decir, no se consideraron aquellos registros de helmintos identificados a niveles taxonómicos supraespecíficos, v. gr., Acanthostominae gen. sp., Heterophyidae gen. sp., Proterodiplostomatidae gen. sp., etc. Los registros fueron hechos en 50 cenotes distribuidos en los estados de Yucatán y Quintana Roo (Tabla I).

Se presenta una lista de especies de helmintos de peces cenotícolas organizada filogenéticamente: Trematoda, Monogenea, Cestoda, Acanthocephala, y Nematoda. Las especies de parásitos están enlistadas dentro de cada uno de esos grupos por orden alfabético, seguidas por la autoridad taxonómica y fecha de publicación, la etapa de desarrollo indicada con (A) para adultos y (L) para larvas, el sitio de infección, el o los hospederos, la o las localidades donde fueron reportadas (para el estado de Yucatán y el de Quintana Roo, por separado), y su o sus respectivas referencias bibliográficas. Cuando la especie de parásito se encontró en más de una especie de hospedero, ésta se etiqueta con letras como superíndice, para indicar las respectivas localidades y referencias de los reportes. Posteriormente se presenta una lista hospedero-parásito, en orden alfabético por familia y, dentro de cada una, por orden alfabético de género y especie o especies; se indica el estado de desarrollo de los parásitos y el(los) hábitat (s) en el que se encontraron. En conjunto, la lista de especies y el diagrama de cuerdas que ilustra las relaciones parásito-hospedero permitieron reconocer algunas tendencias, aunque reconocemos que aún faltan muchos cenotes por estudiar.

Tabla I. Cenotes en la península de Yucatán con registros previos de helmintos de peces.

Nº Cenote	Localidad (Cenote)	Longitud (N)	Latitud (W)
1	Azul (Pto. Aventuras)	-87.2519444	20.48861111
2	Kawash	-87.465	20.24555556
3	Gran Cenote	-87.465	20.24555556
4	Cabañas	-87.46527778	20.13083333
5	Box Toro	-87.48583333	20.27416667
6	Escondido	-87.49916667	21.19916667
7	Framboyan	-87.57722222	20.13777778
8	San Pedro 1	-87.83333333	20.4575
9	San Pedro 2	-87.83444444	20.4575
10	Petentuche	-88.07888889	21.575



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



11	Sahkaba	-88.12416667	20.81138889
12	Cenote cercano a Ria Lagartos	-88.1625	21.57333333
13	Hubicu	-88.1725	20.83305556
14	Zaci	-88.19722222	20.69166667
15	Xkeken	-88.2425	20.66027778
16	Azul (Bacalar)	-88.40722222	18.63638889
17	Scan Yui	-88.53888889	20.67222222
18	Xtoloc (Chichen Itza)	-88.56888889	20.68027778
19	Kaua (Yaax-ek)	-88.5825	20.62055556
20	Ciruak	-88.58305556	20.67666667
21	Piste	-88.60055556	20.70222222
22	Yokdzonot	-88.73083333	20.70666667
23	Dzonot Cervera	-88.83305556	21.37666667
24	Dos Bocas	-88.85555556	17.91055556
25	Hodz-ob	-88.861944	20.920833
26	Los Cuates	-88.88333333	17.91666667
27	Tixkanka	-88.97916667	21.24861111
28	Sacamucuy	-88.99694444	20.55916667
29	Xmucuy	-88.99722222	20.56277778
30	Xanaba Chico	-89.01694444	20.83361111
31	Xanaba Grande	-89.02083333	20.83333333
32	Xcangachén	-89.09222222	20.61194444
33	Ixin-ha	-89.11111111	20.62055556
34	Kanah	-89.13333333	20.7
35	Hoctun	-89.20277778	20.93305556
36	Homun	-89.29694444	20.73861111
37	Chelentun	-89.33444444	20.72444444
38	Xtojil	-89.36138889	20.74361111
39	X'lach (Dzibilchaltun)	-89.60666667	21.09611111
40	Dzibilchaltun	-89.64861111	21.09111111
41	Santa Elena	-89.66388889	20.34444444
42	San Gerardo	-89.691667	21.066389
43	Chen Ha	-89.876667	20.690000
44	Noc-ac	-89.720556	21.072778
45	Hunucma	-89.86833333	21.000833
46	Ixil	-88.5504152	20.6623017
47	Chek-ha	-90.11361111	20.86083333
48	Chaamac	-90.155	20.86472222
49	Noc-choncunchey	-90.19638889	20.81472222
50	Dzaptun	-90.23583333	20.85527778



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTADOS

Los estudios que refieren la presencia de alguna o algunas especies de helmintos en peces de cenotes de la península de Yucatán se encuentran incluidos en 43 publicaciones que se realizaron en el período comprendido entre 1936 y 2025. La mayoría de los estudios (26) se enfocó en reportar la riqueza de especies de helmintos en una región, en una especie de hospedero o bien, la de un grupo taxonómico particular como trematodos, monogeneos, etc.; nueve de los 43 trabajos describen nuevas especies de parásitos en cenotes; cinco son de revisión taxonómica de algún taxón en particular y, por último, tres describen algún aspecto del ciclo de vida de especies seleccionadas de helmintos. El mayor número de publicaciones fue realizado en la década de 1990 (Figura 1).

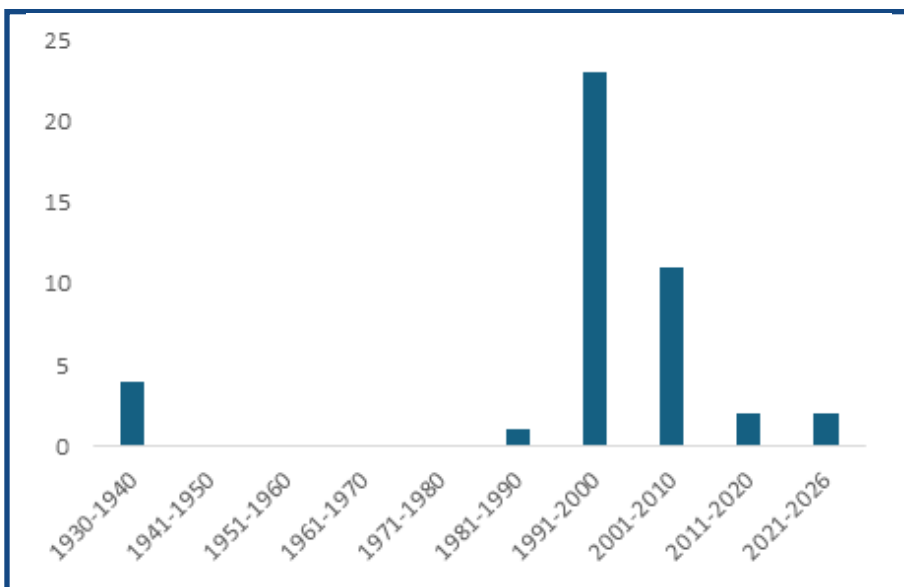


Figura 1. Número de publicaciones con al menos un reporte de helmintos de peces en cenotes de la Península de Yucatán en el periodo de 1936 a 2026.

Estas publicaciones fueron realizadas en 50 cenotes de la Península de Yucatán, en los estados de Yucatán y Quintana Roo (Tabla I; Figura 2a); en total se cuenta con 392 reportes para las 61 especies de helmintos parasitando a 20 especies de peces (ver listado parásito-hospedero y listado hospedero-parásito, Tabla II y III). En el estado de Quintana Roo existen 113 registros de helmintos a partir del estudio de peces de 12 especies en 12 cenotes, mientras que en el estado de Yucatán se cuenta



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

con 258 registros realizados en 17 especies de hospederos y en 38 cenotes estudiados. Los peces de los cenotes de ambos estados comparten 26 especies de helmintos; 30 de las 61 especies de helmintos solo se han reportado en peces de cenotes en Yucatán y cinco de éstos únicamente en Quintana Roo.

Los resultados de este trabajo de revisión se muestran en dos listas; en la primera se presentan los registros de cada especie de helminto, por grupo taxonómico, aportando información sobre su estado de desarrollo, hospedero, localidad y referencia bibliográfica, i.e., el listado Parásito-Hospedero (Tabla II). La segunda lista contiene un listado Hospedero-Parásito en donde se presentan los helmintos que parasitan a cada especie de pez habitando cenotes en la península de Yucatán (Tabla III).

En general, el número de especies de parásitos registrados por cenote osciló entre 1 y 23, y en 32 de los 50 cenotes (64%) se registraron menos de 5 especies. Además, cabe resaltar que 20 de las 61 especies de parásitos fueron reportadas solamente en un cenote. Con respecto a la cantidad de especies de peces recolectadas y examinadas por cenote, éstas fluctuaron entre 1 y 9; sin embargo, para la mayoría de los cenotes (37) el número de especies de hospederos examinados fue menor a dos (Figura 2b). Por otra parte, solo nueve especies de hospederos se encontraron en cenotes de ambos estados.

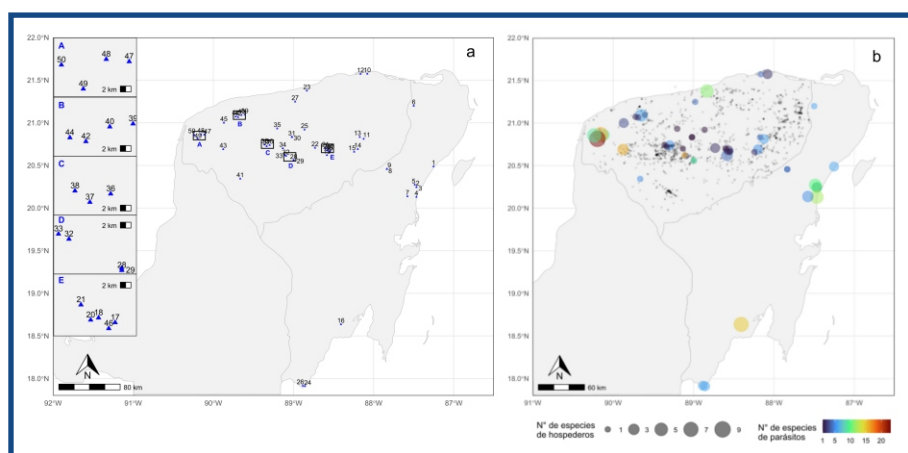


Figura 2. Mapa de registros de helmintos de peces en cenotes de la Península de Yucatán a) Ubicación de los cenotes (triángulos azules), los recuadros (A-E) muestran zonas ampliadas del mapa. Los números corresponden a los usados en la Tabla I b) Rangos de riqueza de especies de parásitos (escala de color) y hospederos en cenotes (tamaño de los puntos). Los puntos negros representan los cenotes registrados y geolocalizados para el estado Yucatán.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Considerando las especies de helmintos reportadas por grupo taxonómico, la clase Trematoda presentó el mayor número con 25 de las 61 registradas, 19 identificados como ejemplares en etapa de metacercaria, siete como adultos, y dos en ambas etapas de desarrollo; seguido por los monogeneos con 14; nematodos con diez, de éstas tres corresponden a adultos y siete a larvas; cestodos con ocho, tres como adultos, seis como larvas y una en ambos estadios; y por último, los acantocéfalos con cuatro, dos en etapa adulta y dos en etapa larval. Por lo tanto, excluyendo a los monogeneos, que solo parasitan peces en estado adulto, 30 de las especies fueron identificadas a partir de formas larvales, 21 como adultos y cinco en ambas etapas (Figura 3). Asimismo, es importante resaltar que de las 20 especies de peces cenotícolas que se han examinado, solo se reportaron especies de trematodos en 16 de ellas, monogeneos en nueve, cestodos y acantocéfalos en tres, y nematodos en 10.

La riqueza de helmintos por hospedero muestra claramente que el bagre, *Rhamdia guatemalensis* mostró la riqueza de especies más alta, con 21, seguido de la mojarra castarrica, *Mayaheros urophthalmus*, con 15 (Figura 3). En contraste, para las especies de hospederos *Typhliasina pearsei*, *Thorichthys aureus*, *Trichromis salvini*, *Mayaheros mayorum* y el cíclido no identificado (“Cichlidae gen. sp.”) tan solo se ha reportado una especie de helminto en ambientes cenotícolas de la península. Al evaluar de forma independiente cada grupo taxonómico de helmintos, los cíclidos *Rocio octofasciata* y *Thorichthys meeki*, son los hospederos con el mayor número de especies de metacercarias, con un total de 10.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

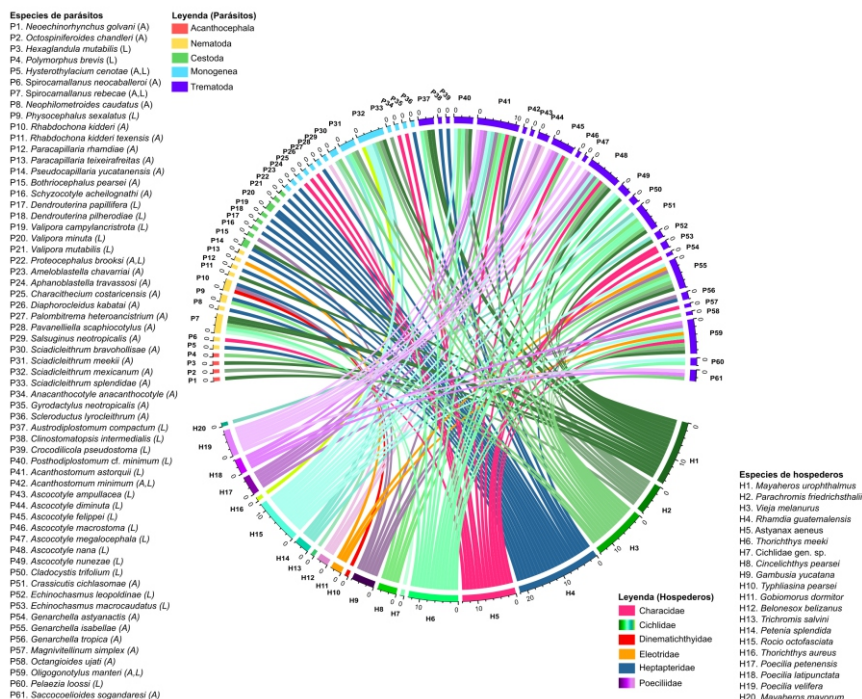


Figura 3. Diagrama de cuerdas que ilustra las relaciones parásito-hospedero en cenotes de la Península de Yucatán. Los segmentos de la parte superior del círculo representan una especie de parásito (P1-P61), las letras después de las especies de parásitos indican la etapa de vida: adulto (A), larva (L), o ambos (A,L). Los segmentos de la mitad inferior del círculo representan una especie de hospedero (H1-H20).

Tabla II. Listado de especies de helmintos de peces cenotícolas en la Península de Yucatán identificados a nivel de especie. Se excluyen aquellos identificados a nivel de taxa superior como género y familia

Phylum Platyhelminthes

Clase Trematoda

Acanthostomum astorquii Watson, 1976 (L) - Ojos, aletas, branquias, vejiga natatoria, escamas

Hospederos: a) *Cincolichthys pearsei*, b) *Gambusia yucatana*, c) *Mayaheros urophthalmus*, d) *Petenia splendida*, e) *Poecilia latipunctata* Meek, 1904, f) *Poecilia petenensis*, g) *Poecilia velifera*, h) *Rocio octofasciata*, i) *Thorichthys meeki*, j) *Vieja melanurus*, k) *Asyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Cabañas^{c,j,k}, Cenote Box Toro^{b,f,h,k}, Gran Cenote^c, Cenote Dos Bocas^k, Cenote Azul (Bacalar)^f, Cenote Escondido^k, Cenote Framboyan^f, Cenote Azul (Pto. Aventuras)^e; Yucatán: Cenote Dzonot Cervera^{c,k}, Cenote Dzaptun^{c,k}, Cenote Noc-choncunchey^{a,c,d,f,g,i,k}, Cenote Chen Ha^{e,i}, Cenote Dzibilchaltun^b, Cenote Hunucmaⁱ, Cenote Chek-ha^{i,k}, Cenote Chaamac^{e,k}

Referencia: Scholz et al. 1995b



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Acanthostomum minimum Stunkard, 1938 (A) - Aletas, ojos, intestino

Hospederos: a) *Gambusia yucatanensis*, b) *Rhamdia guatemalensis*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Dos Bocas^b, Cenote San Pedro 1^b, Cenote San Pedro 2^b, Yucatán: Cenote Yokdzonot^a, Cenote Homun^b, Cenote Chelentun^b, Cenote Hunucma^b, Cenote Xmuucuy^b, Cenote Ixin-ha^b, Cenote Sahkaba^b, Cenote Sacamucuy^b, Cenote Kaua (Yaax-ek)^b, Cenote Chen Ha^b, Cenote Scan Yui^b

Referencias: Stunkard (1938)^b, Scholz et al. 1995a^b, Scholz et al. 1995b^{a,b}

Ascocotyle ampullacea Miller & Harkema, 1962 (L) - Gónadas

Hospedero: *Belonesox belizanus*

Localidades: Yucatán: Cenote Chaamac, Cenote Noc-choncuncunche

Referencias: Scholz et al. 1997a, Scholz et al. 2001a.

Ascocotyle diminuta Stunkard & Haviland, 1924 (L) - Branquias

Hospederos: a) *Poecilia velifera*, b) *Poecilia petenensis*, c) *Belonesox belizanus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)^{a,b}, Cenote Box Toro^b, Yucatán: Cenote Chaamac^{b,c}, Cenote Noc-choncuncunche^{a,b}, Cenote Chen Ha^a, Cenote Sahkaba^a, Cenote Dzibilchaltun^a, Cenote Chek-ha^a

Referencias: Scholz et al. 1995b^{a,b}, Scholz et al. 1997a^{b,c}, Scholz et al. 2001a^a

Ascocotyle felipei Travassos, 1928 (L) - Corazón

Hospederos: a) *Astyanax aeneus*, b) *Poecilia velifera*, c) *Poecilia petenensis*, d) *Belonesox belizanus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Escondido^a, Cenote Azul (Bacalar)^{c,e}, Cenote Framboyan^b, Cenote Box Toro^c, Cenote Azul (Pto. Aventuras)^e, Cenote Cabañas^{a,e,f}, Yucatán: Cenote Noc-choncuncunche^c, Cenote Sahkaba^b, Cenote Dzibilchaltun^b, Cenote Chen Ha^b, Cenote Chaamac^b

Referencias: Scholz et al. 1995a^{a,b,c,d,e,f}, Scholz et al. 1997a^b

Ascocotyle macrostoma (Robinson, 1956) Sogandares & Lumsden, 1963 (L) - Branquias

Hospedero: *Poecilia velifera*

Localidad: Yucatán: Cenote Chaamac

Referencia: Scholz et al. 1997a

Ascocotyle megaloccephala Price, 1932 (L) - Branquias, intestino

Hospedero: *Poecilia velifera*

Localidades: Yucatán: Cenote Sahkaba, Cenote Chen Ha

Referencias: Scholz et al. 1997a, Scholz et al. 2001

Ascocotyle nana Ransom, 1920 (L) - Branquias, corazón, intestino, riñón, hígado, mesenterio, músculo, vejiga natatoria

Hospederos: a) *Gambusia yucatanensis*, b) *Mayaheros urophthalmus*, c) *Parachromis*

friedrichsthalii, d) *Poecilia petenensis*, e) *Poecilia velifera*, f) *Rocio octofasciata*, g)

Thorichthys meeki, h) *Vieja melanurus*, i) *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Cabañas^{b,f,g,h}, Cenote Escondidoⁱ, Cenote Box Toro^{a,d,f}, Cenote Azul (Bacalar)^{c,d,h}, Cenote Framboyan^b, Cenote Los Cuates^e, Gran Cenote^b,

Yucatán: Cenote Dzibilchaltun^{a,b}, Cenote Noc-choncuncunche^{b,d,e,g}, Cenote Chaamac^{f,g},

Cenote Chen Ha^{b,e}, Cenote Dzonot Cervera^b, Cenote cercano a Ria Lagartos^b, Cenote Santa Elena^b, Cenote Chek-ha^e

Referencias: Vidal-Martínez (1990)^b, Scholz et al. 1995b^{a,b,c,d,e,f,g,h,i}, Scholz et al. 1997a^f,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Salgado-Maldonado et al. 1997^b

Ascocotyle nunezae Scholz, Vargas, Vidal & Aguirre, 1997 (L) - Branquias

Hospederos: a) *Thorichthys meeki*, b) *Mayaheros urophthalmus*, c) *Rocio octofasciata*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Cabañas^a, Cenote Los Cuates^a, Cenote Box Toro^c;

Yucatán: Cenote Chek-ha^a, Cenote Noc-choncunchey^{a,b}

Referencia: Scholz et al. 1997^b

Austrodiplostomum compactum (Lutz, 1928) Dubois, 1970 (L) - Ojos, cerebro

Hospederos: a) *Thorichthys meeki*, b) *Mayaheros urophthalmus*, c) *Vieja melanurus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)^{a,c}, Cenote Los Cuates^a; Yucatán: Cenote

Chen Ha^b, Cenote Noc-choncunchey^b, Cenote Hodz-ob^b

Referencias: Scholz et al. 1995^{b,a,b,c}, Salgado-Maldonado et al. 1997^{a,b,c}

Cladocystis trifolium (Braun, 1901) Poche, 1926 (L) - Branquias

Hospederos: a) *Rocio octofasciata*, b) *Thorichthys meeki*

Localidades: Yucatán: Cenote Chaamac^a, Cenote Noc-choncunchey^b

Referencias: Scholz et al. 1995^b, Pérez-Ponce de León et al. 2007^a

Clinostomopsis intermedialis (Lamont, 1920) Lunaschi & Drago, 2009 (L) - Músculo, piel

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidades: Yucatán: Cenote Kaua (Yaax-ek), Cenote Xtoloc (Chichen Itza), Cenote

Xanaba Grande, Cenote Ixil

Nota: Esta especie fue registrada por Pierce (1936) y Stunkard (1938) como *Clinostomum intermedialis*

Referencias: Pearse (1936), Stunkard (1938)

Crassicutis cichlasomae Manter, 1936 (A) - Estómago, intestino

Hospederos: a) *Thorichthys meeki*, b) *Rocio octofasciata*, c) *Cincelichthys pearsei*, d)

Mayaheros urophthalmus, e) *Vieja melanurus*, f) *Mayaheros mayorum*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)^a, Gran Cenote^d; Yucatán: Cenote Kaua

(Yaax-ek)^d, Cenote Zaci^d, Cenote Noc-choncunchey^{c,d}, Cenote Petentuche^d, Cenote Santa

Elena^d, Cenote Chek-ha^a, Cenote Chen Ha^d, Cenote Dzibilchaltun^d, Cenote Dzonot

Cervera^{b,d}, Cenote Dzaptun^d, Cenote X'lach (Dzibilchaltun)^d, Cenote Xtojil^d, Cenote Xtoloc

(Chichen Itza)^f

Referencias: Manter (1936)^f, Scholz et al. 1995^{b,a,b,c,d,e}, Pantoja et al. 2021^d, Salgado-Maldonado et al. 1997^d, Razo-Mendivil et al. 2010^d, Razo-Mendivil et al. 2013^d, Pérez-Ponce de León et al. 2008^d

Crocodilicola pseudostoma (Willemoes-Suhm, 1870) Poche, 1926 (L) - Estómago, esófago

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Xmucuy

Referencias: Scholz et al. 1995^b, Scholz et al. 1998

Echinochasmus leopoldinae Scholz, Ditrich & Vargas, 1996 (L) - Branquias

Hospederos: a) *Mayaheros urophthalmus*, b) *Petenia splendida*

Localidades: Yucatán: Cenote Dzonot Cervera^a, Cenote Chen Ha^a, Cenote Noc-choncunchey^b, Cenote Santa Elena^a

Referencias: Scholz et al. 1995^{a,b}, Salgado-Maldonado et al. 1997^a

Echinocasmus macrocaudatus Ditrich, Scholz & Vargas, 1996 (L) - Branquias

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Escondido, Cenote Cabañas, Cenote Framboyan, Cenote Dos Bocas, Gran Cenote; Yucatán: Cenote Dzaptun, Cenote Noc-choncunchey, Cenote Chaamac

Referencias: Scholz et al. 1995a, Ditrich et al. 1996

Genarchella astyanactis (Watson, 1976) Scholz, Vagas & Salgado, 1995 (A) - Estómago

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Gran Cenote, Cenote Dos Bocas, Cenote Box Toro, Cenote Cabañas, Cenote Escondido; Yucatán: Cenote Noc-choncunchey, Cenote San Gerardo, Cenote Chek-ha, Cenote Chaamac

Referencias: Scholz et al. 1995b, Scholz et al. 1995c

Genarchella isabellae (Lamothe, 1977) Kohn, Fernandes, Gibson & Froes, 1990 (A) - Estómago

Hospederos: a) *Rocio octofasciata*, b) *Mayaheros urophthalmus*, c) *Vieja melanurus*, d) *Parachromis friedrichsthalii*, e) *Thorichthys meeki*, f) *Gobiomorus dormitor*, g)

Cincolichthys pearsei, h) *Gambusia yucatanana*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Cabañas^{a,b,c,e}, Cenote Azul (Bacalar)^{d,e,f}; Yucatán: Cenote Dzonot Cervera^b, Cenote cercano a Ria Lagartos^b, Cenote Noc-choncunchey^g, Cenote Noc-ac^h

Referencias: Scholz et al. 1995a^{a,b,c,d,e,f,g,h}, Salgado-Maldonado et al. 1997^b

Genarchella tropica (Manter, 1936) Szidat, 1954 (A) - Estómago

Hospederos: a) *Rhamdia guatemalensis*, b) *Gambusia yucatanana*

Localidades: Quintana Roo: Cenote San Pedro 2^a; Yucatán: Cenote Homun^a, Cenote Scan Yui^a, Cenote Sacamucuy^a, Cenote Xkeken^a, Cenote Tixkanka^a, Cenote Ixin-ha^a, Cenote Chen Ha^a, Cenote Xcangachén^a, Cenote Xmucuy^a, Cenote Noc-ac^b

Referencias: Manter (1936)^a, Scholz et al. 1995b^{a,b}, Scholz et al. 1995c^a

Magnivittellinum simplex Kloss, 1966 (A) - Intestino

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Dos Bocas; Yucatán: Cenote Noc-choncunchey

Referencia: Scholz et al. 1995a

Octangioides ujati (Pineda & Andrade, 1989) Blair, 2005 (A) - Intestino

Hospedero: *Vieja melanurus*

Localidad: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)

Referencia: Scholz et al. 1995a

Oligogonotylus manteri Watson, 1976 (A) - Intestino (L) - Aletas, branquias, intestino

Hospederos: a) *Vieja melanurus*, b) *Gobiomorus dormitor*, c) *Thorichthys meeki*, d)

Mayaheros urophthalmus, e) *Parachromis friedrichsthalii*, f) *Rocio octofasciata*, g)

Poecilia petenensis, h) *Poecilia latipunctata*, i) *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)^{a,b,c,e,g}, Cenote Los Cuates^c, Cenote



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Framboyan^a, Cenote Cabañas^{a,c,d,f}, Cenote Box Toro^{fi}, Cenote Azul (Pto. Aventuras)^{a,h}, Gran Cenote^d, Yucatán: Cenote Dzonot Cervera^d, Cenote Dzaptun^d, Cenote cercano a Ria Lagartos^d

Referencias: Scholz et al. 1995a^{a,c,d,e,i}, Scholz et al. 1995b^{a,c,d,e,f,g,h}, Scholz et al. 1994^d, Salgado-Maldonado et al. 1997a^d, Salgado-Maldonado & Kennedy (1997)^d

Pelaezia loossi (Pérez, 1957) Salgado & Aguirre, 1991 (L) - Escamas, músculo, aletas
Hospederos: a) *Rocio octofasciata*, b) *Thorichthys meeki*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Box Toro^a, Yucatán: Cenote Chek-ha^b, Cenote Noc-choncunchey^b

Referencia: Scholz et al. 1995b^{a,b}

Posthodiplostomum cf. minimum (MacCallum, 1921) Dubois, 1936 (L) - Músculo

Hospederos: a) *Parachromis friedrichsthalii*, b) *Rocio octofasciata*, c) *Thorichthys meeki*, d) *Mayaheros urophthalmus*, e) *Cincolichthys pearsei*

Localidades: Quintana Roo: Gran Cenote^d, Cenote Azul (Bacalar)^a, Cenote Box Toro^b, Yucatán: Cenote Chek-ha^c, Cenote Chen Ha^d, Cenote Noc-choncunchey^a, Cenote Dzonot Cervera^d, Cenote Zaci^d

Referencia: Scholz et al. 1995a^{a,b,c,d,e}

Saccocoeloides sogandaresi Lumsden, 1963 (A) - Intestino

Hospederos: a) *Vieja melanurus*, b) *Poecilia latipunctata*, c) *Poecilia velifera*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)^a, Cenote Azul (Pto. Aventuras)^b, Yucatán: Cenote Chaamac^c, Cenote Chek-ha^c, Cenote Chen Ha^c

Referencias: Scholz et al. 1995a^{a,b,c}, Pérez-Ponce de León et al. 2007^c

Clase Monogenea

Ameloblastella chavarriai (Price, 1938) Kritsky, Mendoza & Scholz, 2000 (A) - Branquias

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencia: Mendoza-Franco et al. 1999

Anacanthocotyle anacanthocotyle Kritsky & Fritts, 1970 (A) - Aletas

Hospederos: *Astyanax aeneus*

Localidad: Yucatán: Cenote Noc-choncunchey

Referencia: Mendoza-Franco et al. 1999

Aphanoblastella travassosi (Price, 1938) Kritsky, Mendoza & Scholz, 2000 (A) -

Branquias

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidades: Yucatán: Cenote Homun, Cenote Ixin-ha, Cenote Hubicu, Cenote Hunucma, Cenote Xmucuy, Cenote Tixkanka, Cenote Xcangachén, Cenote Scan Yui

Referencia: Mendoza-Franco et al. 1999

Characithecium costaricensis (Price & Bussing, 1967) Mendoza, Reina & Torchin, 2009 (A) - Branquias

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Dos Bocas, Cenote Cabañas, Cenote Escondido, Gran Cenote; Yucatán: Cenote Chaamac, Cenote Dzaptun, Cenote Dzibilchaltun, Cenote Noc-



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Choncunchey, Cenote Dzonot Cervera, Cenote Chaamac

Referencias: Mendoza-Franco et al. 1999, Mendoza-Franco et al. 2009

Diaphorocleidus kabatai (Molnar, Hanek & Fernando, 1974) Jogunoori, Kritsky & Venkatanarasaiah, 2004 (A) - Branquias

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidades: Yucatán: Cenote Dzonot Cervera, Cenote Chaamac, Cenote Noc-choncunchey

Referencias: Mendoza-Franco et al. 1999, Mendoza-Franco et al. 2009

Gyrodactylus neotropalis Kritsky & Fritts, 1970 (A) - Aletas

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidad: Yucatán: Cenote Noc-choncunchey

Referencia: Mendoza-Franco et al. 1999

Palombitrema heteroancistrum (Price & Bussing, 1968) Suriano, 1997 (A) - Branquias

Hospederos: *Astyanax aeneus*

Localidades: Yucatán: Cenote San Gerardo, Cenote Noc-choncunchey, Cenote Chaamac, Cenote Dzonot Cervera

Referencias: Mendoza-Franco et al. 1999, Mendoza-Franco et al. 2009

Pavanelliella scaphiocotylus Kritsky & Mendoza, 2003 (A) - Cavidad nasal

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencia: Kritsky & Mendoza-Franco 2003

Salsuginus neotropalis Mendoza & Vidal, 2001 (A) - Branquias

Hospedero: *Belonesox belizanus*

Localidad: Yucatán: Cenote Chaamac

Referencia: Mendoza-Franco et al. 2001

Sciadicleithrum bravohollisae Kritsky, Vidal & Rodríguez, 1994 (A) - Branquias

Hospederos: a) *Vieja melanurus*, b) *Trichromis salvini* (Günther, 1862)

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)^a, Yucatán: Cenote Dzaptun^b

Referencia: Mendoza-Franco et al. 2000

Sciadicleithrum meekii Mendoza, Scholz & Vidal, 1997 (A) - Branquias

Hospederos: a) *Thorichthys meeki*, b) *Parachromis friedrichsthalii*, c) *Petenia splendida*, d) *Vieja melanurus*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Cabañas^{a,d}, Cenote Los Cuates^a, Yucatán: Cenote Dzaptun^{a,b,c}, Cenote Chaamac^a, Cenote Noc-choncunchey^a

Referencias: Mendoza-Franco et al. 1997^a, Mendoza-Franco (1998)^{b,c,d}, Mendoza-Franco et al. 1999^a, Mendoza-Franco et al. 2000^a

Sciadicleithrum mexicanum Kritsky, Vidal & Rodríguez, 1994 (A) - Branquias

Hospederos: a) *Parachromis friedrichsthalii*, b) *Mayaheros urophthalmus*, c) *Petenia splendida*, d) *Vieja melanurus*, e) *Thorichthys aureus*, f) *Rocio octofasciata*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Azul (Pto. Aventuras)^a, Cenote Azul (Bacalar)^b, Cenote Cabañas^d, Yucatán: Cenote Dzaptun^{a,b,c}, Cenote Santa Elena^b, Cenote Chaamac^{a,f}, Cenote Dzonot Cervera^{a,e,f}, Cenote Petentuche^{b,e}

Referencias: Salgado-Maldonado et al. 1997^b, Mendoza-Franco et al. 1999^{a,b,d,f}, Mendoza-Franco et al. 2000^{a,b,c,e}



Sciadicoleithrum splendidae Kritsky, Vidal & Rodríguez, 1994 (A) - Branquias

Hospedero: *Parachromis friedrichsthalii*

Localidad: Yucatán: Cenote Dzaptun

Referencias: Mendoza-Franco et al. 2000

Scleroductus lyrocleithrum Kritsky, Boeger, Mendoza & Vianna, 2013 (A) - Branquias

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencias: Kritsky & Mendoza-Franco 2013

Clase Cestoda

Bothriocephalus pearsei Scholz, Vargas & Moravec, 1996 (A) - Intestino

Hospederos: a) *Rhamdia guatemalensis*, b) *Mayaheros urophthalmus*

Localidades: Yucatán: Cenote Zaci^{a,b}, Cenote Xmucuy^a

Referencias: Scholz et al. 1996a^a, Scholz et al. 1996b^{a,b}

Dendroterina papillifera (Fuhrmann, 1908) Baer & Bona, 1960 (L) - Vesícula biliar

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencias: Moravec et al. 2002

Dendroterina pilherodiae Mahon, 1956 (L) - Vesícula biliar

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencias: Moravec et al. 1996a

Proteocephalus brooksi García, Rodríguez & Pérez-Ponce de León, 1996 (A) - Intestino y cavidad corporal

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidades: Yucatán: Cenote Ixin-ha, Cenote San Pedro 2, Cenote Sacamucuy, Cenote Xmucuy

Referencias: Scholz et al. 2001, Moravec et al. 2002

Schyzocotyle acheilognathi (Yamaguti, 1934) Brabec, Waeschenbach, Scholz, Littlewood & Kuchta, 2015 (A) - Intestino

Hospedero: *Gambusia yucatana*

Localidad: Yucatán: Cenote Homun

Referencias: Scholz et al. 1996a

Valipora campylancristota (Wedl, 1855) Baer & Bona, 1960 (L) - Vesícula biliar

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencias: Scholz & Salgado-Maldonado 2001

Valipora minuta (Coil, 1950) Baer & Bona, 1960 (L) - Vesícula biliar, hígado

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidades: Quintana Roo: Cenote San Pedro 2; Yucatán: Cenote Ixin-ha

Referencias: Scholz et al. 1996a, Scholz & Salgado-Maldonado 2001

Valipora mutabilis Linton, 1927 (L) - Vesícula biliar

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Localidad: Yucatán: Cenote Ixin-ha
Referencias: Scholz & Salgado-Maldonado 2001

Phylum Acanthocephala

Clase Eoacanthocephala

Neoechinorhynchus golvani Salgado, 1978 (A) - Intestino

Hospedero: *Mayaheros urophthalmus*

Localidades: Yucatán: Cenote Chen Ha, Cenote Santa Elena

Referencias: Scholz et al. 1996a, Salgado-Maldonado et al. 1997

Octospiniferoides chandleri Bullock, 1957 (A) - Intestino

Hospedero: *Parachromis friedrichsthalii*

Localidad: Quintana Roo: Cenote Azul (Pto. Aventuras)

Referencias: Scholz et al. 1996a

Clase Palaeacanthocephala

Hexaglandula mutabilis (Rudolphi, 1819) Petrochenko, 1950 (L) - Mesenterio

Hospedero: *Mayaheros urophthalmus*

Localidad: Yucatán: Cenote cercano a Ria Lagartos

Referencias: Salgado-Maldonado et al. 1997

Polymorphus brevis (van Cleave, 1916) Travassos, 1926 (L) - Intestino

Hospedero: *Vieja melanurus*

Localidad: Quintana Roo: Cenote Los Cuates

Referencias: Scholz et al. 1996a

Phylum Nematoda

Clase Chromadorea

Hysterothylacium cenotae (Pearse, 1936) Moravec, Vivas, Scholz, Vargas, Mendoza & González, 1995 (A, L) - Intestino

Hospedero: *Rhambdia guatemalensis*

Localidades: Quintana Roo: Cenote Kawash; Yucatán: Cenote Xmucuy, Cenote Ciruak

Referencias: Pearse 1936, Moravec et al. 1995a, González-Solís et al. 1995

Neophilometroides caudatus (Moravec, Scholz & Vivas, 1995) Moravec, Salgado & Aguilar, 2002 (L) - Cavidad corporal, vejiga natatoria

Hospedero: *Rhambdia guatemalensis*

Localidades: Yucatán: Cenote Xmucuy, Cenote Ixin-ha

Referencias: Moravec et al. 1995c

Physocephalus sexalatus (Molin, 1860) Diesing, 1861 (L) - Mesenterio

Hospederos: a) *Cinzelichthys pearsei*, b) *Rhambdia guatemalensis*

Localidades: Yucatán: Cenote Kanah^a, Cenote Sahkaba^b, Cenote Hubicu^b

Referencias: Moravec et al. 1995b^b, Vidal-Martínez et al. 2001^a

Spirocamallanus neocaballeroi Caballero-Deloya, 1977 (A) - Intestino y ceca pilórica

Hospedero: *Astyanax aeneus*

Localidades: Quintana Roo: Gran Cenote, Cenote Kawash, Cenote Box Toro

Referencias: Moravec et al. 1995a



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Spirocamallanus rebecca (Andrade, Pineda & García, 1994) Moravec, Mendoza, Vargas & Vivas, 1995 (A, L) - Intestino y mesenterio

Hospederos: a) *Mayaheros urophthalmus*, b) *Thorichthys meeki*, c) *Vieja melanurus*, d) Cichlidae gen. sp.

Localidades: Quintana Roo: Cenote Cabañas^{a,b}, Cenote Azul (Bacalar)^b; Yucatán: Cenote Noc-choncunchey^d, Cenote Chen Ha^a

Referencias: Moravec et al. 1995a^{a,b,c}, Moravec et al. 1995d^a, Santacruz et al. 2021^d

Rhabdochona kidderi Pearse, 1936 (A) - Intestino, mesenterio, estómago, recto

Hospederos: a) *Rhamdia guatemalensis*, b) *Gambusia yucatanensis*, c) *Typhliasina pearsei*

Localidades: Quintana Roo: Cenote San Pedro 1^a, Cenote San Pedro 2^a, Gran Cenote^a; Yucatán: Cenote Scan Yui^a, Cenote Sahkaba^a, Cenote Homun^{a,b}, Cenote Xcangachén^a, Cenote Chelentun^a, Cenote Sacamucuy^a, Cenote Hubicu^a, Cenote Tixkanka^a, Cenote Ixin-ha^a, Cenote Xmucuy^a, Cenote Kaua (Yaax-ek)^c, Cenote Yokdzonot^a, Cenote Pisté^a, Cenote Ciruak^a, Cenote Hochtun^a, Cenote Xanaba Chico^a, Cenote Xkeken^a, Cenote Zaci^a

Referencias: Pearse (1936)^a, Chitwood (1938)^c, Moravec et al. 1995a^{a,b}

Rhabdochona kidderi texensis Pearse, 1936 (A) - Estómago

Hospedero: *Mayaheros urophthalmus*

Localidad: Yucatán: Cenote Zaci

Referencias: Moravec et al. 1999

Clase Dorylaimea

Paracapillaria rhamdiae Moravec, González & Vargas, 1995 (A) - Estómago

Hospedero: *Rhamdia guatemalensis*

Localidad: Quintana Roo: Cenote Azul (Bacalar)

Referencias: Moravec et al. 1995a

Pseudocapillaria yucatanensis Moravec, Scholz & Vivas, 1995 (A) - Intestino

Hospederos: *Rhamdia guatemalensis*

Localidades: Cenote Chen Ha, Cenote Xmucuy, Cenote Tixkanka, Cenote Ixin-ha

Referencias: Moravec et al. 1995f

Tabla III. Lista de especies de peces cenotícolas en la Península de Yucatán y sus helmintos

Characidae Latreille, 1825

Astyanax aeneus (Günther, 1860)

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Ojos, aletas, branquias, escamas, vejiga natatoria

Ascocotyle felippei (L) – Corazón

Ascocotyle nana (L) – Intestino

Echinochasmus macrocaudatus (L) – Branquias

Genarchella astyanactis (A) – Estómago

Magnivitellinum simplex (A) – Intestino

Oligogonotylus manteri (A) – Intestino



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Monogenea

Anacanthocotyle anacanthocotyle (A) – Aletas

Characithecium costaricensis (A) – Branquias

Diaphorocleidus kabatai (A) – Branquias

Gyrodactylus neotropicalis (A) – Aletas

Palombitrema heteroancistrum (A) – Branquias

Nematoda

Spirocamallanus neocaballeroi (A) – Intestino

Cichlidae Heckel, 1840

Cichlidae gen. sp.

Nematoda

Spirocamallanus rebecca (A) – Intestino

Cincelichthys pearsei (Hubbs, 1936)

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Vejiga natatoria

Crassicutis cichlasomae (A) – Intestino

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Posthodiplostomum cf. *minimum* (L) – Músculos

Nematoda

Physocephalus sexalatus (L) – Mesenterio

Mayaheros mayorum (Hubbs, 1936)

Trematoda *Crassicutis cichlasomae* (A) – Estomago

Mayaheros urophthalmus (Günther, 1862)

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Ojos, aletas y escamas

Ascocotyle nana (L) – Branquias, intestino, hígado, mesenterio, músculo y vejiga natatoria.

Ascocotyle nunezae (L) – Branquias

Austrodiplostomum compactum (L) – Ojos

Crassicutis cichlasomae (A) – Intestino

Echinochasmus leopoldinae (L) – Branquias

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Oligogonotylus manteri (A) – Intestino (L) - Aletas, branquias, intestino

Posthodiplostomum cf. *minimum* (L) – Músculo

Monogenea

Sciadicleithrum mexicanum (A) – Branquias

Acanthocephala

Neoechinorhynchus golvani (A) – Intestino

Hexaglandula mutabilis (L) – Mesenterio

Nematoda



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Spirocamallanus rebecae (A, L) – Intestino

Rhabdochona kidderi texensis (A) – Estómago

Cestoda

Bothriocephalus pearsei (A) – Intestino

Parachromis friedrichsthalii (Heckel, 1840)

Trematoda

Ascocotyle nana (L) – Intestino

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Oligogonotylus manteri (A) – Intestino (L) – Aletas, branquias

Posthodiplostomum cf. *minimum* (L) - Músculos

Monogenea

Sciadicleithrum meekii (A) – Branquias

Sciadicleithrum mexicanum (A) – Branquias

Sciadicleithrum splendidae (A) – Branquias

Acanthocephala

Octospiniferoides chandleri (A) – Intestino

Petenia splendida Günther, 1862

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Escamas

Echinochasmus leopoldinae (L) - Branquias

Monogenea

Sciadicleithrum meekii (A) – Branquias

Sciadicleithrum mexicanum (A) – Branquias

Rocio octofasciata (Regan, 1903)

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Vejiga natatoria

Ascocotyle felippeii(L) – Corazón

Ascocotyle nana (L) – Hígado, intestino

Ascocotyle nunezae (L) – Branquias

Cladocystis trifolium (L) - Branquias

Crassicutis cichlasomae (A) – Intestino

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Oligogonotylus manteri (L) – Branquias

Pelaezia loossi (L) - Escamas

Posthodiplostomum cf. *minimum* (L) – Músculos

Monogenea

Sciadicleithrum mexicanum (A) – Branquias

Thorichthys aureus (Günther, 1862)

Monogenea

Sciadicleithrum mexicanum (A) – Branquias



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Thorichthys meeki Brind, 1918

Trematoda

Acanthostomum astorquii (A) – Vejiga natatorial, aletas

Ascocotyle nana (L) – Hígado, músculos, intestino

Ascocotyle nunezae (L) – Branquias

Austrodiplostomum compactum (L) – Ojos, cerebro

Cladocystis trifolium (L) – Branquias

Crassicutis cichlasomae (A) – Intestino

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Oligogonotylus manteri (A) – Intestino (L) – Intestino, aletas

Pelaezia loosi (L) – Aletas, músculos

Posthodiplostomum cf. *minimum* (L) – Músculos

Monogenea

Sciadicleithrum meekii (A) – Branquias

Nematoda

Spirocamallanus rebecca (A) – Intestino (L) – mesenterio

Trichromis salvini (Günther, 1862)

Monogenea

Sciadicleithrum bravohollisae (A) - Branquias

Vieja melanurus (Günther, 1862)

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Aletas

Ascocotyle felippeii (L) – Corazón

Ascocotyle nana (L) – Corazón, riñón, músculos

Austrodiplostomum compactum (L) – Ojos

Crassicutis cichlasomae (A) – Intestino

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Octangioides ujati (A) – Intestino

Oligogonotylus manteri (A) – Intestino (L) – Aletas, intestino

Saccocoelioides sogandaresi (A) - Intestino

Monogenea

Sciadicleithrum bravohollisae (A) – Branquias

Sciadicleithrum meekii (A) – Branquias

Sciadicleithrum mexicanum (A) – Branquias

Acanthocephala

Polymorphus brevis (L) – Intestino

Nematoda

Spirocamallanus rebecca (A) – Intestino (L) – Mesenterio



Dinematichthyidae Whitley, 1928

Typhliasina pearsei (Hubbs, 1938)

Nematoda

Rhabdochona kidderi (A) – Intestino

Eleotridae Bonaparte, 1935

Gobiomorus dormitor Lacepède, 1800

Trematoda

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Oligogonotylus manteri (L) - Aletas

Nematoda

Paracapillaria teixeirafreitasi (A) – Intestino

Heptapteridae Gill, 1961

Rhamdia guatemalensis (Günther, 1864)

Trematoda

Acanthostomum minimum (A) – Intestino (L) - Aletas

Clinostomatopsis intermedialis (L) – Músculo, piel

Crocodilicola pseudostoma (L) – Esófago, estómago

Genarchella tropica (A) – Estómago

Monogenea

Ameloblastella chavarriai (A) - Branquias

Aphanoblastella travassosi (A) - Branquias

Pavanelliella scaphiocotylus (A) – Cavidad nasal

Scleroductus lyrocleithrum (A) – Branquias

Cestoda

Bothriocephalus pearsei (A) – Intestino

Dendrouterina papillifera (L) – Vesícula biliar

Dendrouterina pilherodae (L) - Vesícula biliar

Proteocephalus brooksi– Intestino, (L) - Cavidad corporal

Valipora campylancristota (L) – Vesícula biliar

Valipora minuta (L) – Vesícula biliar, hígado

Valipora mutabilis (L) - Vesicular biliar

Nematoda

Hysterothylacium cenotae (A, L) – Intestino

Neophilometroides caudatus (A) – Cavidad corporal, vejiga natatoria

Physocephalus sexalatus (L) – Mesenterio

Rhabdochona kidderi (A) – Mesenterio, intestino, estómago, recto.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Paracapillaria rhamdiae (A) – Estómago

Pseudocapillaria yucatanensis (A) – Intestino

Poeciliidae Bonaparte, 1831

Belonesox belizanus Kner, 1860

Monogenea

Salsuginus neotropicalis (A) – Branquias

Trematoda

Ascocotyle ampullacea (L) - Gónadas

Ascocotyle diminuta (L) - Branquias

Gambusia yucatana Regan, 1914

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Aletas

Acanthostomum minimum (L) - Ojos

Ascocotyle nana (L) - Intestino

Genarchella tropica (A) – Estómago

Genarchella isabellae (A) – Estómago

Cestoda

Schyzocotyle acheilognathi (A) – Intestino

Nematoda

Rhabdochona kidderi (A) - Intestino

Poecilia latipunctata Meek, 1904

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Vejiga natatorial

Ascocotyle felippei (L) - Corazón

Oligogonotylus manteri (L) – Branquias

Saccocoelioides sogandaresi (A) – Intestino

Poecilia petenensis Günther, 1866

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Ojos, branquias, escamas

Ascocotyle diminuta (L) – Branquias

Ascocotyle felippei (L) - Corazón

Ascocotyle nana (L) – Intestino, músculos, mesenterio

Oligogonotylus manteri (L) - Branquias

Poecilia velifera (Regan, 1914)

Trematoda

Acanthostomum astorquii (L) – Vejiga natatoria

Ascocotyle diminuta (L) – Branquias

Ascocotyle felippei (L) - Corazón



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Ascocotyle macrostoma (L) – Branquias

Ascocotyle megalcephala (L) – Branquias, intestino

Ascocotyle nana (L) – Corazón, músculos

Saccocoelioides sogandaresi (A) – Intestino

► DISCUSIÓN

Los peces cenotícolas de la Península de Yucatán que han sido estudiados son parasitados por un total de 61 especies de helmintos, lo que representa el 41% de las 147 especies de trematodos, monogeneos, cestodos, acantocéfalos y nematodos que se han registrado hasta 2021 en peces de ecosistemas acuáticos continentales de Yucatán y Quintana Roo. Siete de estas especies (*Paracapillaria rhamdiae*, *Pseudocapillaria yucatanensis*, *Philometroides caudata*, *Dendrouterina pilherodiae*, *Bothriocephalus pearsei*, *Pavanelliella scaphiocotylus* y *Scleroductus lyrocleithrum*) han sido reportadas como parásitos de peces únicamente en ambientes cenotícolas (Moravec et al., 1995c, 1995e, 1995f; Scholz et al., 1996a, 1996b, Kritsky & Mendoza-Franco, 2003; Kritsky et al., 2013). Esto puede evidenciar la importancia de los cenotes como hábitats que sostienen gran parte de la riqueza de helmintos de peces en ecosistemas acuáticos continentales de la región, aun cuando los esfuerzos para el estudio de estos organismos han sido esporádicos, y el número de cenotes investigados constituyen una proporción mínima del total de cenotes en la península; solamente 50 de los entre 8,000 y 9,000 cenotes que al parecer existen en la península (Lara-Lara, 2008; Hernández-Manjarrez et al., 2026) ha sido muestreados para estudiar la fauna helmintológica de los peces que ahí habitan.

Es importante destacar que las investigaciones de la parasitofauna de peces en cenotes de la península de Yucatán permitieron describir 13 especies nuevas para la ciencia. Las primeras se describieron en 1936 por autores extranjeros que realizaron expediciones en esta región del país, quienes describieron a los trematodos *Crassicutis cichlasomae* y *Genarchella tropica* (Manter, 1936) y a los nematodos *Hysterothylacium cenotae* y *Rhabdochona kidderi* (Pearse, 1936).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Nueve especies adicionales se describieron a partir de los noventa con los estudios de Scholz, Moravec y colaboradores, incluyendo al trematodo *Ascocotyle nunezae*, los monogeneos *Pavanelliella scaphiocotylus*, *Salsuginus neotropicalis*, *Sciadicleithrum meekii* y *Scleroductus lyrocleithrum*, el cestodo *Bothriocephalus pearsei*, y los nematodos *Neophilometroides caudatus*, *Paracapillaria rhamdiae* y *Pseudocapillaria yucatanensis*. Seis de esas 13 especies que fueron descritas originalmente de cenotes, han sido reportadas en otras localidades del sureste de México, en algunas ocasiones en la misma especie de hospedero, en especies de la misma familia e incluso, en ocasiones en especies de distintas familias. Por ejemplo, el trematodo *Crassicutis cichlasomae* descrito originalmente por Manter (1936) de un cíclido en un cenote en Chichen Itzá, se ha reportado en más de 25 especies de cíclidos en México, principalmente de los estados que están en el Golfo de México y la península de Yucatán; asimismo, *C. cichlasomae* se ha reportado en cíclidos de Centro y Sudamérica (Pérez-Ponce de León et al., 2007, Razo-Mendivil et al., 2010 y las referencias que ahí se citan). El nemátodo *Rhabdochona kidderi* fue descrito originalmente por Pearse (1936) de *R. guatemalensis* en un cenote de Yucatán y de hecho solo en esta especie de hospedero se ha reportado en al menos 10 cenotes de la península de Yucatán; sin embargo, también se le ha registrado en *R. guatemalensis* en los estados de Chiapas y Oaxaca y más aún, se le ha encontrado en al menos 45 especies de peces de 11 familias en diferentes estados de la República (Rosas-Valdez y Pérez-Ponce de León, 2008); incluso, este nemátodo fue reportado de *Typhliasina pearsei* por Chitwood (1938) en cuatro cenotes cercanos a Chichen Itzá y por Moravec et al. (1999) en cuevas de Nohoch, Quintana Roo.

Interesantemente, el bagre *R. guatemalensis* es el hospedero en el que se ha reportado el mayor número de especies en cenotes, con 21, así como el mayor número de especies nuevas de helmintos, con nueve de las 13 que han sido publicadas hasta el momento. Los registros realizados para la descripción de *P. rhamdiae*, *P. yucatanensis*, *P. scaphiocotylus* y *S. lyrocleithrum*, parásitos del bagre *R. guatemalensis* en cenotes, han sido las únicas observaciones de estas especies y no se han reportado de

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

ninguna otra localidad en la república mexicana en donde esta especie de heptaptérito es encontrado (Rosas-Valdez y Pérez-Ponce de León, 2008). Es importante resaltar que dado que 13 de las 61 especies de helmintos registradas en peces de cenotes fueron nuevas para la ciencia, se tiene un porcentaje de endemismo del 21.3%, que es muy alto y que refleja seguramente las condiciones de aislamiento de estos ambientes kársticos en el sureste de la república mexicana, donde los helmintos han experimentado procesos de especiación.

Análisis general de biodiversidad.

Con base en los reportes de ocurrencia de especies de helmintos de peces en cenotes se han podido detectar ciertas tendencias en la riqueza de especies. Por una parte, los datos sugieren una mayor riqueza de especies de helmintos en los cenotes más cercanos a la zona costera (Figura 2b). En particular, existen diversos factores que podrían explicar esta tendencia; uno de ellos está relacionado con las variaciones en la riqueza y composición de especies de hospederos entre cenotes costeros y aquellos en zonas más continentales, dado que, algunos cenotes más cercanos a la costa pueden considerarse ambientes anquialinos por la influencia de la salinidad (Gutiérrez-Aguirre et al. 2024), y permitir la presencia de peces con mayor tolerancia a estas condiciones e inclusive componentes ícticos usualmente más asociados a ambientes marinos. Asimismo, en zonas costeras como en Yucatán donde predominan las lagunas costeras, suele existir una mayor abundancia de aves pues éstas establecen zonas de anidación en las áreas de manglar; las aves actúan como hospederos definitivos para la mayoría de las especies de helmintos que parasitan a los peces como hospederos intermediarios y que, en consecuencia, contribuyen a su dispersión y por ende a su presencia en algunos cenotes.

Por otra parte, se han podido identificar tendencias en la especificidad de los helmintos parásitos hacia sus hospederos (Figura 3), ya sea, a nivel de especie como en el caso de los helmintos del bagre *R. guatemalensis*, que además de ser el hospedero del mayor número de especies de helmintos registrados, también representó el hospedero exclusivo para cuatro (40%) de las especies de nematodos, seis (75%) de las especies de



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

cestodos y siete (28%) especies de trematodos. Asimismo, el carácido *A. aeneus* actúa como hospedero exclusivo de las especies de monogeneos *C. costaricensis*, *D. kabatai*, *P. heteroancistrum*, *A. anacanthocotyle*, y *G. neotropicalis*, así como también del nematodo *P. neocaballeroi*, y los trematodos *E. macrocaudatus* y *G. astyanactis*. Existe también una tendencia hacia la especificidad a nivel de familia; los cíclidos que representan la familia de peces con mayor riqueza de especies en cenotes, fueron los únicos hospederos de las especies de acantocéfalos reportadas, así como también sólo en los cíclidos se registró la presencia de las especies del género *Sciadicleithrum*, y los trematodos *A. compactum*, *P. cf. minimum*, *A. nunezae*, *C. trifolium*, *C. cichlasomae*, *E. leopoldinae* y *P. loossi*. Por su parte, cuatro de las siete especies reportadas de *Ascocotyle* solo se encontraron en poecílidos.

Es evidente que faltan muchos cenotes por explorar para tener un inventario más completo de la biodiversidad de helmintos que parasitan a los peces que ahí habitan. Asimismo, es muy importante refinar las hipótesis de especies dado que, en los estudios realizados en la década de los noventa, los estadios larvarios fueron identificados con caracteres morfológicos y en la actualidad se sabe que los marcadores moleculares son herramientas muy útiles para correlacionar estadios larvarios con adultos, siempre y cuando la librería genética de las especies contenga datos de algún marcador para estas últimas. Completar el inventario de los helmintos en peces de cenotes no será una tarea sencilla, sobre todo considerando la diversidad de formas y estructura que tienen los cenotes y las condiciones que se encuentran en cada uno de ellos que en muchas ocasiones dificultan la colecta de material. La colecta de peces en algunos de ellos representa un reto, así como la posibilidad de estudiarlos en busca de los helmintos que los parasitan. Ante este escenario, una de las alternativas que existe actualmente es el estudio de la riqueza es a través del método del ADN ambiental (eDNA, por sus siglas en inglés) (Thomas et al., 2022). Sí bien esta representa una metodología que fue recientemente propuesta y tiene requerimientos específicos, es altamente deseable pues representa un método no invasivo para estudiar la biodiversidad, lo que podría permitir que tengamos un conocimiento más completo de las especies de peces y los parásitos que los infectan en menor tiempo, así como también permitirá monitorear estos ecosistemas en el futuro.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Grano-Maldonado por la invitación a colaborar en el número especial de la Revista de Ciencias del Mar UAS. Agradecemos a los dos revisores que hicieron comentarios que permitieron mejorar la calidad de este trabajo y, por último, agradecemos el apoyo financiero del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT- UNAM IN200824) a GPPL, para la realización de este trabajo.

► LITERATURA CITADA

Angyal D, Chávez-Solís EM, Liévano-Beltrán LA, Magaña B, Simoes N, & Mascaró M (2020). New distribution records of subterranean crustaceans from cenotes in Yucatan (Mexico). *ZooKeys* 911, 21–49. <https://doi.org/10.3897/zookeys.911.47694>

Bauer-Gottwein P, Gondwe BRN, Charvet G, Marín LE, Rebolledo-Vieyra M, & Merediz-Alonso G (2011). Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal* 19, 507–524. <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0699-5>

Cervantes-Martínez A, Gutiérrez-Aguirre MA, Elías-Gutiérrez M, Arce-Ibarra AM, & García-Morales A (2018). Aquatic biodiversity in cenotes from the Yucatan Peninsula (Quintana Roo, México). *Teoría y Praxis* 25(May-August), 49–68.

Chitwood BG (1938). Some nematodes from the caves of Yucatán IV. *Carnegie Institution Washington Publications* 491, 51–66.

Ditrich O, Scholz T. & Vargas-Vázquez J (1996). Life cycle of *Echinochasmus macrocaudatus* n. sp. (Trematoda: Echinostomatidae). *Systematic Parasitology*. 33, 225–235. <https://doi.org/10.1007/BF01531204>

Gaona-Vizcayno S, Gordillo-de Anda T & Villasuso-Pino M (1980). Cenotes Karst Característico: Mecanismos De Formacion. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista* 4, 32–36.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



García-Prieto L, Dáttilo W, Rubio-Godoy M & Pérez-Ponce de León G (2022). Fish–Parasite Interactions: A Dataset of Continental Waters in Mexico Involving Fishes and Their Helminth Fauna. *Ecology* 103, e3815. <https://doi.org/10.1002/ecy.3815>

González-Solís D (1995). Nematodos parásitos del bagre *Rhamdia guatemalensis* (Günther) (Pisces: Pimelodidae) en Cenotes de la Península de Yucatán, México. Tesis, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, Mexico: 108 pp.

Gutiérrez-Aguirre MA, Cervantes-Martínez A and Suárez-Morales E (2024) Ecological Indicators and Estimators of Fish and Crustacean Diversity in the Yucatan Peninsula. *Diversity* 17(5), 1–13. <https://doi.org/10.3390/d17010005>

Hernández-Marroquín VR, Ruiz-Mendoza P & Córdova-Tapia F (2026). Historia de dos cenotes. *Revista Nexos, Simbiosis*, Mayo 17, 2026. <https://ciencia.nexos.com.mx/historia-de-dos-cenotes/>

Kritsky DC & Mendoza-Franco E (2003). Neotropical Monogenoidea. 42. *Pavanelliella scaphiocotylus* sp. nov. (Dactylogyridae) from the nasal cavity of the Guatemalan chulin, *Rhamdia guatemalensis* (Siluriformes: Heptapteridae), from a cenote of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Comparative Parasitology* 70, 136–139. [https://doi.org/10.1654/1525-2647\(2003\)070\[0136:NMPSSN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1654/1525-2647(2003)070[0136:NMPSSN]2.0.CO;2)

Kritsky DC, Boeger WA, Mendoza-Franco E & Vianna RT (2013). Neotropical Monogenoidea. 57. Revision and phylogenetic position of *Scleroductus* Jara & Cone, 1989 (Gyrodactylidae), with descriptions of new species from the Guatemalan chulin *Rhamdia guatemalensis* (Günther) (Siluriformes: Heptapteridae) in Mexico. *Systematic Parasitology* 84, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11230-012-9387-2>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Lara-Lara JR, Arreola-Lizárraga A, Calderón-Aguilera LE, Camacho-Ibar VF, De la Lanza-Espino G, Escofet-Giansone AM, Espejel I, Guzmán-Arroyo M, Ladah L, López-Hernández, Melling-López AE, Moreno-Casasola P, Reyes-Bonilla H, Rios-Jara E, Zertuche J (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. In: Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad (pp 109-134). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Ciudad de México.

Manter H (1936). Some trematodes of cenote fish from Yucatan. In: Pearse, AS, Creaser, EP, and Hall, FG (Eds.), The cenotes of Yucatan; a zoological and hydrographic survey (Publication No. 457, pp. 3–38). Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington.

Mendoza-Franco E, Scholz T & Vidal-Martínez VM (1997). *Sciadicleithrum meekii* sp. n. (Monogenea: Ancyrocephalinae) from the gills of *Cichlasoma meeki* (Pisces: Cichlidae) from cenotes (= sinkholes) of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica* 44, 205–208.

Mendoza-Franco E (1998). Biogeografía del género *Sciadicleithrum* (Monogenea: Ancyrocephalinae), parásitos de cíclidos (Pisces: Cichlidae) neotropicales. MSc Tesis, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Mérida, Yucatán, Mexico: 75 pp.

Mendoza-Franco E, Scholz T, Vivas-Rodríguez C & Vargas-Vázquez J (1999). Monogeneans of freshwater fishes from cenotes (sinkholes) of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica* 46, 267–273.

Mendoza-Franco E, Vidal-Martínez VM, Aguirre-Macedo ML, Rodríguez-Canul R & Scholz T (2000). Species of *Sciadicleithrum* (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) of cichlid fishes from southeastern Mexico and Guatemala: New morphological data and host and geographical records. *Comparative Parasitology* 67, 85–91.

Mendoza-Franco E & Vidal-Martínez VM (2001). *Salsuginus neotropicalis* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalinae) from the pike killifish *Belonesox belizanus* (Atheriniformes: Poeciliidae) from southeastern Mexico. *Systematic Parasitology* 48, 41–45. <https://doi.org/10.1023/A:1026568122455>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Mendoza-Franco E, Reina RG & Torchin ME (2009). Dactylogyrids (Monogenoidea) parasitizing the gills of *Astyanax* spp. (Characidae) from Panama and Southeast Mexico, a new species of *Diaphorocleidus* and proposal for *Characithecium* n. gen. *Journal of Parasitology* 95, 46-55. <https://doi.org/10.1645/GE-1592.1>

Moravec F, Vargas-Vázquez J, & González-Solís D (1999). Nematode parasites from the blindfish *Ogilbia pearsei* from the Mohoch cave system with remarks on *Rhabdochona kidderi* (Nematoda) from fishes of Yucatán, Mexico. *Acta Societatis Zoologicae* 63, 295–300.

Moravec F, Vivas-Rodríguez C, Scholz T, Vargas-Vázquez J, Mendoza-Franco E & González-Solís D (1995a). Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkholes) of the Peninsula of Yucatán, Mexico, Part 1. Adults. *Folia Parasitologica* 42, 115–129.

Moravec F, Vivas-Rodríguez C, Scholz T, Vargas-Vázquez J, Mendoza-Franco E, Schmitter-Soto JJ & González-Solís D (1995b). Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkholes) of the Peninsula of Yucatan, Mexico, Part 2. Larvae. *Folia Parasitologica* 42, 199–210.

Moravec F, Scholz T & Vivas-Rodríguez C (1995c). *Philometroides caudata* sp. n. (Nematoda: Philometridae) from *Rhamdia guatemalensis* (Pisces) in Yucatán, Mexico. *Folia Parasitologica* 42, 293–298.

Moravec F, Mendoza-Franco E, Vargas-Vázquez J & Vivas-Rodríguez C (1995d). Studies on the development of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *rebecae* (Nematoda: Camallanidae), a parasite of cichlid fishes in Mexico. *Folia Parasitologica* 42, 281–292.

Moravec F, González-Solís D & Vargas-Vázquez J (1995e). *Paracapillaria rhamdiae* sp. n. (Nematoda: Capillariidae) from *Rhamdia guatemalensis* (Pisces) in Yucatán, Mexico. *Parasite* 2, 235–238. <https://doi.org/10.1051/parasite/199502s2235>

Moravec F, Scholz T & Vivas-Rodríguez C (1995f). *Pseudocapillaria yucatanensis* sp. n. (Nematoda: Capillariidae) from the bagre *Rhamdia guatemalensis* (Pisces) from cenotes in Yucatán, Mexico. *Folia Parasitologica* 42, 61–64.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Moravec F, Vargas-Vázquez J & González-Solís D (1999). Nematode parasites from the blind fish *Ogilbia pearsei* from the Nohoch cave system with remarks on *Rhabdochona kidderi* (Nematoda) from fishes of Yucatán, Mexico. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 63, 295–300.

Moravec F, Mendoza-Franco E, Vivas-Rodríguez C, Vargas-Vázquez J & González-Solís D (2002). Observations on seasonal changes in the occurrence and maturation of five helminth species in the pimelodid catfish, *Rhamdia guatemalensis*, in the cenote (=sinkhole) Ixin-há, Yucatán, Mexico. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 66, 121–140.

Pantoja C, Scholz T, Luque JL & Pérez-Ponce de León G (2021). Molecular and morphological evidence of a new species of *Crassicutis* Manter 1936 (Digenea), a parasite of cichlids in South America. *Parasitology Research* 120, 2429–2443. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07161-4>

Pearse SA (1936). Parasites from Yucatán. *Carnegie Institution Washington Publications* 457, 45–59.

Pérez-Ponce de León G, García-Prieto L & Mendoza-Garfias B (2007). Trematode parasites (Platyhelminthes) of wildlife vertebrates in Mexico. *Zootaxa* 1534, 1–247. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1534.1.1>

Pérez-Ponce de León G, Razo-Mendivil U, Rosas-Valdéz R, Mendoza-Garfias B & Mejía-Madrid H (2008). Description of a new species of *Crassicutis* Manter, 1936, parasite of *Cichlasoma beani* Jordan (Osteichthyes: Cichlidae) in Mexico, based on morphology and sequences of the ITS1 and 28S ribosomal RNA genes. *Journal of Parasitology* 94, 257–263. <https://doi.org/10.1645/GE-1224.1>

Razo-Mendivil U, Vázquez-Domínguez E, Rosas-Valdez R, Pérez-Ponce de León G & Nadler SA (2010). Phylogenetic analysis of nuclear and mitochondrial DNA reveals a complex of cryptic species in *Crassicutis cichlasomae* (Digenea: Apocreadiidae), a parasite of Middle-America cichlids. *International Journal for Parasitology* 40, 471–486. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2009.10.004>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Razo-Mendivil U, Vázquez-Domínguez E & Pérez-Ponce de León G (2013). Discordant genetic diversity and geographic patterns between *Crassicutis cichlasomae* (Digenea: Apocreadiidae) and its cichlid host, "*Cichlasoma*" *urophthalmus* (Osteichthyes: Cichlidae), in Middle-America. *Journal of Parasitology* 99, 978–988. <https://doi.org/10.1645/13-225.1>

Reddell JR (1977). A preliminary survey of the caves of the Yucatan Peninsula. en: Reddell (1977). Studies on the caves and cave fauna of the Yucatan Peninsula. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin* 6, 215–296.

Rosas-Valdez, R. & Pérez-Ponce de León, G. (2008). Composición taxonómica de los helmintos parásitos de ictalúridos y heptaptéridos (Osteichthyes: Siluriformes) de México, con una hipótesis de homología biogeográfica primaria. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79, 473–499. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2008.002.552>

Salgado-Maldonado G, Pineda-López R, V. M. Vidal-Martínez VM & C. R. Kennedy CR (1997). A Checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 64, 195–207.

Salgado-Maldonado G & Kennedy CR (1997). Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Parasitology* 114, 581–590. <https://doi.org/10.1017/S0031182097008810>

Santacruz A, Barluenga M & Pérez-Ponce de León G (2021). Taxonomic assessment of the genus *Procamallanus* (Nematoda) in Middle American cichlids (Osteichthyes) with molecular data, and the description of a new species from Nicaragua and Costa Rica. *Parasitology Research* 120, 1965–1997. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07148-1>

Schmitter-Soto JJ, Escobar-Briones E, Alcocer J, Suárez-Morales E, Elías-Gutiérrez M, Marín LE (2002a). Los cenotes de la península de Yucatán, En: de La Lanza G & García Calderón JL (comps.). Lagos y presas de México, AGT editores, México, 2002.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Schmitter-Soto, JJ, Comín FA, Escobar-Briones E, Herrera-Silveira J, Alcocer J, Suárez-Morales E, Elías-Gutiérrez M, Díaz-Arce V, Marín LE & Steinich B (2002b). Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatan Peninsula (SE Mexico). *Hydrobiologia* 467, 215–228. <https://doi.org/10.1023/A:1014923217206>

Schmitter-Soto JJ (2020). La ictiofauna cenotícola (peces de cenote) más relevante de la península de Yucatán. *Bioagrobiocencias* 13, 9–22.

Schmitter-Soto JJ (2021). Los cenotes como fuente de vida en la península de Yucatan: flora y fauna. En: Los ojos de Yucatan una ventana al mundo subterráneo pp. 202–218

Scholz T, Lavadores I, Vargas-Vázquez J, Mendoza-Franco E, Rodríguez R & Vivas-Rodríguez C (1994). Life cycle of *Oligogonotylus manteri* (Digenea: Cryptogonimidae), a parasite of Cichlid fishes in southern Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 61, 190–199.

Scholz T, Vargas-Vázquez J, Moravec F, Vivas-Rodríguez C & Mendoza-Franco E (1995a). Cenotes (sinkholes) of the Yucatán Peninsula, Mexico, as a habitat of adult trematodes of fish. *Folia Parasitologica* 42, 37–47.

Scholz T, Vargas-Vázquez J, Moravec F, Vivas-Rodríguez C & Mendoza-Franco E (1995b). Metacercariae of Trematodes of fishes from cenotes (=sinkholes) of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica* 42, 173–192.

Scholz T, J. Vargas-Vázquez J & G. Salgado-Maldonado G (1995c). Revision of *Genarchella* species (Digenea: Derogenidae) parasitizing freshwater fishes in Mexico and Central America. *Journal of Natural History* 29, 1403–1417. <https://doi.org/10.1080/00222939500770591>

Scholz T, Vargas-Vázquez J, Moravec F, Vivas-Rodríguez C & Mendoza-Franco E (1996a). Cestoda and Acanthocephala of fishes from cenotes (=sinkholes) of Yucatán, Mexico. *Folia Parasitologica* 43, 141–152.

Scholz T, Vargas-Vázquez J, Moravec F (1996b). *Bothriocephalus pearsei* n. sp. (Cestoda: Pseudophyllidea) from cenote fishes of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Journal of Parasitology* 82, 801–805. <https://doi.org/10.2307/3283894>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Scholz T, Vargas-Vázquez J, Aguirre-Macedo ML & Vidal-Martínez VM (1997a). Species of *Ascocotyle* Looss, 1899 (Digenea: Heterophyidae) of the Yucatán Peninsula, Mexico, and notes on their life-cycles. *Systematic Parasitology* 36, 161–181. <https://doi.org/10.1023/A:1005757929710>

Scholz T, Vargas-Vázquez J, Vidal-Martínez VM & Aguirre-Macedo ML (1997b). *Ascocotyle* (*A.*) *nunezae* n. sp. (Digenea: Heterophyidae) from Yucatán, Mexico. *Journal of Parasitology* 83, 141–147. <https://doi.org/10.2307/3284333>

Scholz T (1998). Parásitos de peces nativos de cenotes de la Península de Yucatán, un ecosistema único en México. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. P099. México, D.F

Scholz T & Vargas-Vázquez J (1998). Trematodes from fishes of the Río Hondo River and freshwater Lakes of Quintana Roo, Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 65, 91–95.

Scholz T & Salgado-Maldonado G (2001). Metacestodes of the family Dilepididae (Cestoda: Cyclophyllidae) parasitising fishes in Mexico. *Systematic Parasitology* 49, 23–40. <https://doi.org/10.1023/a:1010603732525>

Scholz T, Aguirre-Macedo ML & Salgado-Maldonado G (2001a). Trematodes of the family Heterophyidae (Digenea) in Mexico: a review of species and new host and geographical records. *Journal of Natural History* 35, 1733–1772. <https://doi.org/10.1080/00222930152667087>

Scholz T, de Chambrier A & Salgado-Maldonado G (2001b). *Monticellia ophisterni* n. sp. (Cestoda: Monticellidae) from the swamp-eel *Ophisternon aenigmaticum* (Synbranchiformes) from Mexico. *Journal of Parasitology* 87, 1328–1333. [https://doi.org/10.1645/0022-3395087\[1328:MONSCM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395087[1328:MONSCM]2.0.CO;2)

Stunkard HW (1938). Parasitic flatworms from Yucatán. *Carnegie Institution Washington Publications* 491, 33–50.

Suárez-Morales E & Rivera-Arriaga E (1998). Hidrología y Fauna Acuática de los Cenotes de la Península de Yucatán. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 48, 37–47.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Thomas LJ, Milotic M, Vaux F, Poulin R (2022). Lurking in the water: testing eDNA metabarcoding as a tool for ecosystem- wide parasite detection. *Parasitology* 149, 261269.

Vidal-Martínez, VM., Aguirre-Macedo ML, Scholz T, González-Solís D & Mendoza-Franco E (2001). Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico. Academia, Prague: 165 pp.

Wilkens H (1979). Reduktionsgrad und phylogenetisches Alter: Ein Beitrag zur Besiedlungsgeschichte der Limnofauna Yukatans. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 17, 262–272. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.1979.tb00709.x>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revista CIMAR UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ISSN 3061-8959



Revisión Científica

Síntesis de Monogenea (Platyhelminthes) de peces óseos en las costas del Pacífico mexicano

Synthesis of Monogenea (Platyhelminthes) of bony fishes on the coasts of the Mexican Pacific



directorio
latindex



CREATIVE COMMONS

DIAMOND
OPEN ACCESS

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



1. Vianey Rodríguez-Alvarado



0009-0005-5807-3573

Universidad Nacional Autónoma de México,
Instituto de Biología, Ciudad de México,
México.



2. Luis García-Prieto



0000-0002-7529-1514

Universidad Nacional Autónoma de México,
Instituto de Biología, Ciudad de México,
México.



3. Ivonne López-del-Monte



0000-0003-4972-8134

Universidad Nacional Autónoma de México,
Instituto de Biología, Ciudad de México,
México.



4. Diana Ferrusca-Domínguez



0009-0006-2223-7334

Universidad Nacional Autónoma de México,
Instituto de Biología, Ciudad de México,
México.

Autor de correspondencia: diana_fd@ciencias.unam.mx

Recibido 22 de junio 2026

Aceptado 28 de julio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

255



Síntesis de Monogenea (Platyhelminthes) de peces óseos en las costas del Pacífico mexicano

Synthesis of Monogenea (Platyhelminthes) of bony fishes on the coasts of the Mexican Pacific

► RESUMEN

Los monogeneos son uno de los grupos de helmintos ectoparásitos con mayor riqueza en peces marinos, aunque su conocimiento en el Pacífico mexicano es escaso. La finalidad de este trabajo fue actualizar su inventario, distribución geográfica y asociaciones hospedero-parásito en las costas mexicanas de esta región. Se compilaron 140 especies de monogeneos, pertenecientes a 26 familias, parasitas de 113 especies de hospederos. El mayor número de registros y riqueza de especies se concentraron en Jalisco; la familia de peces con más asociaciones fue Carangidae; sin embargo, solo cerca del 10% de las especies de peces de la zona han sido examinadas como hospederos de monogeneos. Se han registrado 73 especies de monogeneos una sola vez, lo que evidencia los vacíos en el conocimiento de este grupo de ectoparásitos. Desde 1938 hasta 2025, se describieron 72 holotipos de monogeneos en las costas del Pacífico de México, aunque la tasa de descubrimiento de nuevas especies ha disminuido en las últimas décadas. Nuestra actualización sugiere que la riqueza parasitaria sigue siendo desconocida. Por lo tanto, destacamos la necesidad de incrementar el esfuerzo de muestreo geográfico y hospedatorio, fortalecer los estudios integrativos y promover el resguardo del material biológico en colecciones científicas.

Palabras clave: Océano Pacífico; actinopterigios; ectoparásitos marinos; platelmintos; riqueza.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► ABSTRACT

Monogeneans are among the most diverse groups of ectoparasitic helminths in marine fish, although knowledge of them in the Mexican Pacific remains limited. The aim of this study was to update their inventory, geographic distribution, and host-parasite associations along the coasts of this region in Mexico. One hundred and forty monogenean species, belonging to 26 families, were recorded, parasitizing 113 host species. The highest number of records and species richness were concentrated in Jalisco; the fish family with the most associations was Carangidae; however, only about 10% of the fish species in the area have been examined as monogenean hosts. Seventy-three monogenean species were recorded only once, highlighting the gaps in the knowledge of this group of ectoparasites. From 1938 to 2025, 72 holotypes of monogeneans were described for the Pacific coast of Mexico, although the rate of new species discovery has declined in recent decades. Our update suggests that parasite richness remains largely unknown. Therefore, we emphasize the need to increase geographic and host sampling efforts, strengthen integrative studies, and promote the preservation of biological material in scientific collections.

Keywords: Pacific Ocean; ray-finned fishes; marine ectoparasites; flatworms; richness.

► INTRODUCCIÓN

Los monogeneos son parásitos de cuerpo aplanado, acelomado, con ciclo de vida directo (sin hospederos intermediarios) y caracterizados por presentar un extremo posterior (órgano de fijación) conocido como haptor, que puede estar armado con ganchos, ventosas, pinzas y lóculos. Esta estructura es de carácter diagnóstico (principalmente a nivel de familia) y permite al gusano mantenerse adherido al órgano que parasita. La mayor parte de las especies del grupo son parásitas de las branquias de peces marinos y dulceacuícolas, aunque también pueden encontrarse en su piel. Algunas especies parasitan la vejiga urinaria de anfibios y reptiles (García-Prieto *et al.*, 2014) e incluso los ojos de los hipopótamos (Stunkard, 1924).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Los primeros registros de especies de monogeneos en peces marinos distribuidos en aguas marinas mexicanas fueron realizados en las costas del océano Pacífico (Meserve, 1938), donde se describieron 5 especies asociadas con peces de las familias Serranidae (1), Scombridae (2) y 2 a peces no identificados.

A partir de 1938, se han realizado varios intentos para establecer la riqueza de estos platelmintos en vertebrados silvestres del país (Lamothe-Argumedo & Jaimes-Cruz 1982; Flores-Crespo & Flores-Crespo 2003; Kohn *et al.*, 2006; Mendoza-Garfias *et al.*, 2017). El estudio más completo realizado hasta la fecha es el de Mendoza-Garfias *et al.* (2017), quienes reportan un total de 313 especies parasitando 363 especies de hospederos vertebrados en todo el territorio nacional. No obstante, el estudio recopila información real sobre estos gusanos planos en México pero no analiza una región ni un grupo de hospederos en particular. Una de las ventajas de los inventarios taxonómicos regionales es que constituyen herramientas esenciales para evaluar el grado de conocimiento de la biodiversidad parasitaria, identificar vacíos geográficos y taxonómicos en el muestreo y establecer prioridades de investigación futuras (Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2010; Pérez-Ponce de León *et al.*, 2011). En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la riqueza, distribución geográfica y la asociación hospedero-parásito de los monogeneos que infectan a peces distribuidos en las aguas mexicanas del océano Pacífico, a partir del listado publicado en 2017, adicionando la información generada durante los últimos 9 años para la región.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la síntesis de las especies de monogeneos parásitos de peces marinos de la costa mexicana del océano Pacífico, adicionamos a la lista de registros publicados por Mendoza-Garfias *et al.* (2017), la información generada para la zona a partir de 2016. Para ello consultamos las siguientes bases de datos: Clarivate Web of Science, CABI Abstracts, Biological Abstracts así como consultas libres en Google Scholar. Los términos empleados (en inglés y español) y en combinación fueron: “Monogeneos”, “Monogenea”, “Monogenoidea”,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

“platelmintos”, “Platyhelminthes”, “helminthofauna”, “helminthos”, “Océano Pacífico”, “México” “peces marinos”, “Actinopterygii”, “Actinopterygii”, “hospederos” “especies nominales” “parásitos”, “parasitofauna”. La información recopilada se vació a una hoja de Excel conteniendo 16 campos: Orden, Familia, Género y Especie de monogeneo (con autoridades), año de registro, bibliografía, Orden, Familia, Género y Especie del hospedero, categoría de riesgo, hábitat, localidad, estado y tipo taxonómico. La actualización nomenclatural de los hospederos se realizó de acuerdo con Froese & Pauly (2026): y la de las especies de monogeneos con WoRMS (2026). Los mapas de calor y gráficas para analizar la información fueron elaborados con RStudio V.4.3.1 (R Core Team, 2023).

► RESULTADOS ► DISCUSIÓN

Los registros para monogeneos asociados a actinopterigios colectados en el Pacífico de México ascienden a 553, representados por 140 especies nominales, valor que casi duplica el registrado para este grupo de peces en el Golfo de México y mar Caribe (79 especies; datos no publicados, CNHE). Con excepción de Chiapas, todos los estados mexicanos que bordean la costa del Pacífico, presentan especies de monogeneos pertenecientes a 26 familias, destacando los estados de Jalisco con 13, Guerrero con 12 y Sinaloa con 11. Por otro lado, Colima y Michoacán son los estados con el menor número de familias registradas, con cinco y tres, respectivamente (Figura 1).

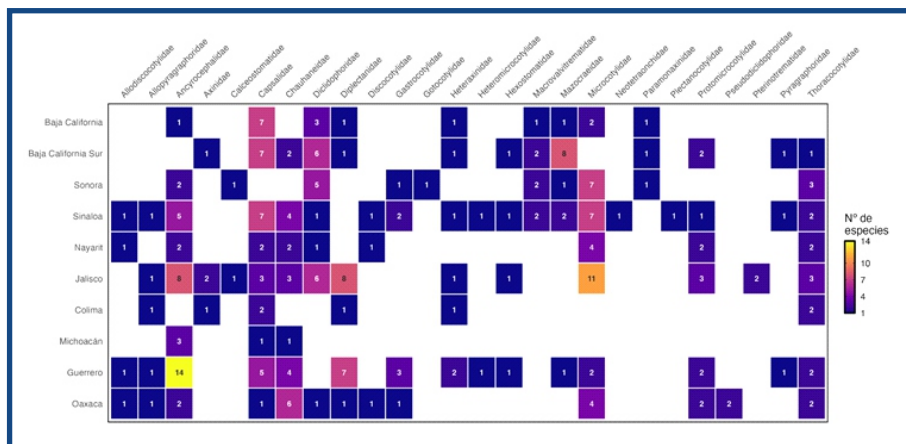


Figura 1. Familias de monogeneos por estado. Número de especies (las celdas en blanco = familia ausente).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Las cinco familias de peces que presentan el mayor número de asociaciones con familias y géneros de monogeneos son Carangidae (13 familias y 22 géneros), Haemulidae (7 y 14), Scombridae (5 y 13), Sciaenidae (5 y 11) y Lutjanidae (4 y 8) (Figuras 2a y 2b). Las diferencias en el esfuerzo de muestreo entre familias podrían deberse a que los carángidos son peces pelágicos-costeros, lo que facilita su obtención y explica su mayor estudio; los lutjánidos, por el contrario, son demersales-arrecifales y probablemente su captura sea más compleja (Klimpel *et al.*, 2006). Sin embargo, la mayor parte de las especies de monogeneos conocidas para esta área de México (73) han sido registradas una sola vez. La carencia de información disponible no permite concluir si este número puede atribuirse a la falta de muestreo o a la especificidad hospedatoria de estos helmintos.

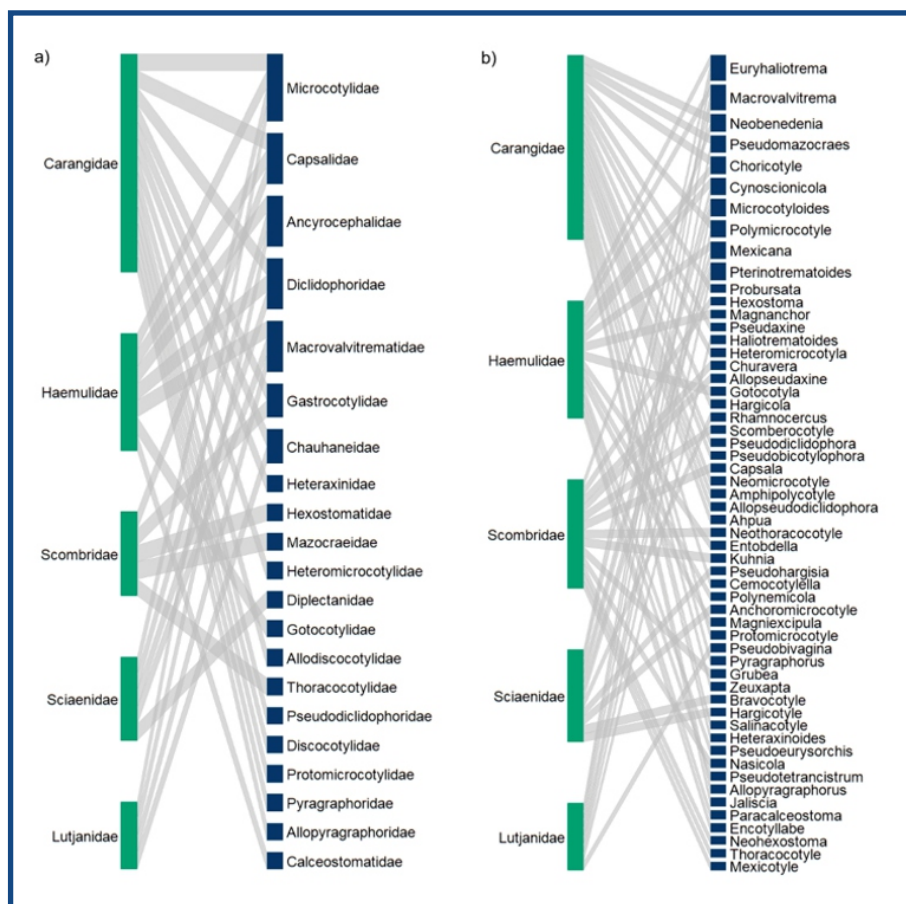


Figura 2. Redes bipartitas de las asociaciones entre familias de hospederos y monogeneos en el Pacífico mexicano. (a) Familias de hospederos–familias de monogeneos. (b) Familias de hospederos–géneros de monogeneos.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

El número de especies de hospederos revisados para la zona a la fecha asciende a 113, además de 5 no identificadas a nivel específico, 3 solo referidas con su nombre común y 2 que de acuerdo con Froese & Pauly (2026) no se distribuyen en el océano Pacífico: *Caranx hippos* y *Scomberomorus maculatus*. Los 553 registros realizados en esta región del país se distribuyen principalmente en las costas de Jalisco, Guerrero, Sinaloa y Baja California Sur (Figura 3a); no obstante, Baja California Sur es el estado con el mayor número de localidades muestreadas y el menor, Michoacán (Figura 3b). La mayor riqueza de monogeneos coincide con el mayor número de registros en estos estados (Figura 3c), especialmente Jalisco, que también destaca en cuanto al número de hospederos muestreados, junto con Baja California Sur (Figura 3d). Lo anterior probablemente se deba a que la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, particularmente la bahía de Chamela, ha sido ampliamente estudiada desde este punto de vista (Pérez-Ponce de León *et al.*, 1999) y a que esta zona tiene la mayor riqueza de peces entre las áreas protegidas del Pacífico mexicano (Galván-Villa *et al.*, 2016). Las especies de peces con mayor riqueza de monogeneos son *Caranx cf. hippos* (con 10), *Lutjanus guttatus* (8), *C. caballus* y *C. caninus* (con 7 cada una), mientras que 53 especies solo alojan una especie de estos parásitos.

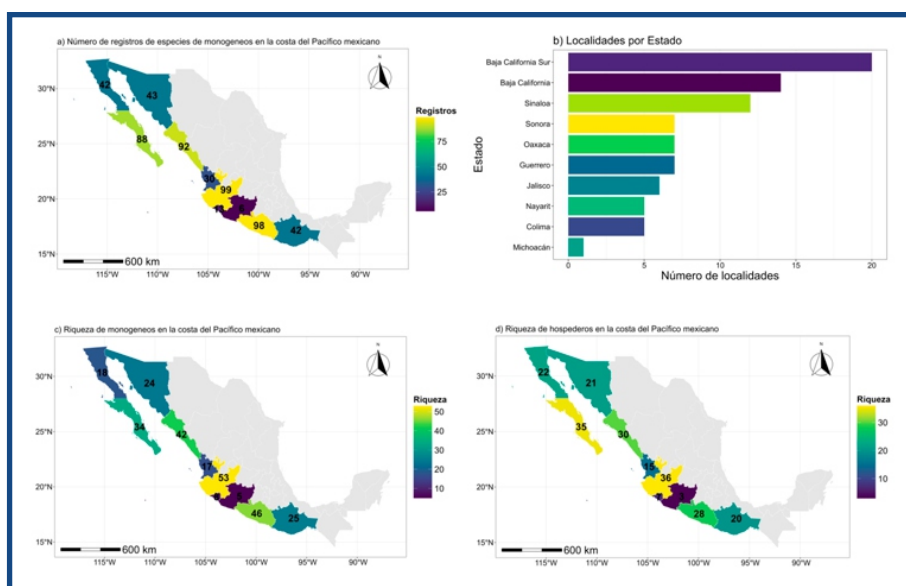


Figura 3. Patrones espaciales de diversidad y esfuerzo de muestreo de monogeneos en el Pacífico mexicano. Los mapas de calor muestran (a) el número de registros disponibles para cada estado, (b) localidades muestreadas por estado, (c) la riqueza de especies de monogeneos y (d) la riqueza de especies hospederas. La escala de color refleja el incremento de los valores de cada variable.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

De acuerdo con lo señalado anteriormente, la descripción de especies de monogeneos de peces de la costa del Pacífico de México se inició en 1938 (Meserve, 1938); sin embargo, la descripción y el registro de especies fueron lentos durante los primeros 13 años, hasta que Bravo-Hollis (1951) describió a *Benedenia jaliscana*. A partir de entonces, el registro se incrementó de manera heterogénea, alcanzando su mayor número en la década de 1990 y el más reducido en la del 2000 (Figura 4). Sin embargo, la continua descripción de especies nuevas, evidencia que el inventario de monogeneos en esta área permanece incompleto, situación común para numerosos grupos de parásitos (Poulin, 2014).

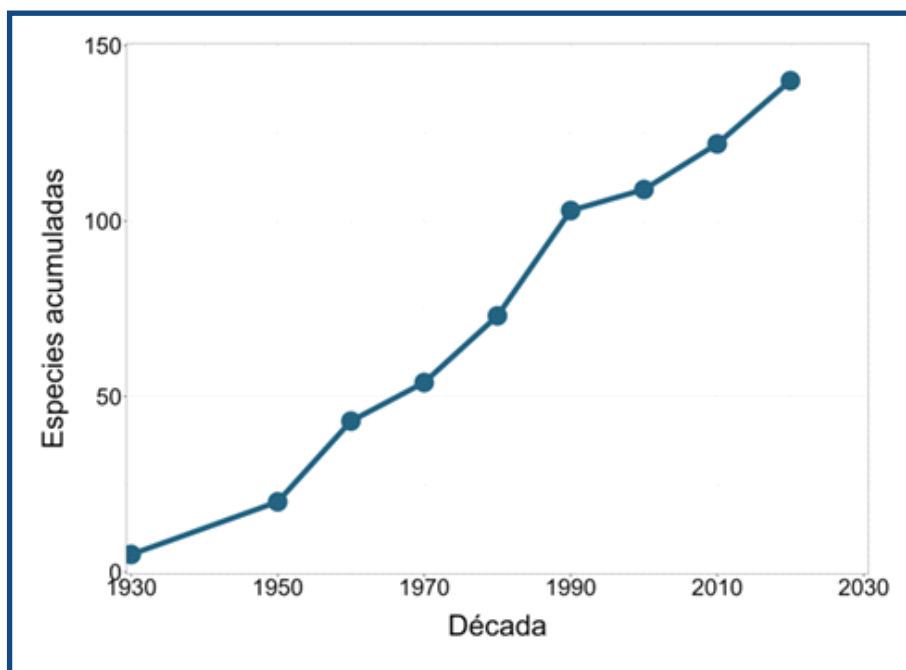


Figura 4. Curva de acumulación de especies de monogeneos en función del número acumulado de especies descritas por década.

Posterior a la publicación de Mendoza-Garfias *et al.* (2017), el número de especies registradas para los peces del Pacífico mexicano asciende a 20, de las cuales 6 fueron descritas como nuevas especies durante el período (Tabla I).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Tabla 1. Registro de especies de monogeneos en actinopterigios del Pacífico mexicano (2016-2025).

# Catálogo	Colección	Familia	Especie	Hospedero	Localidad	Estado	Referencia
12851	CNHE	Ancyrocephalidae	<i>Magnanchor raris</i> Mendoza-Franco, Valente & Violante-González, 2024 ^{11,12}	<i>Microlepidotus brevipinnis</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Mendoza-Franco et al. (2024)
11858	CNHE	Ancyrocephalidae	<i>Euryhaliotrema fastigatum</i> (Zhukov, 1976) Kritsky & Boeger, 2002	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Mendoza-Franco et al. (2023)
11859	CNHE	Ancyrocephalidae	<i>Euryhaliotrema paracanthi</i> (Zhukov, 1976) Kritsky & Boeger, 2002	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Mendoza-Franco et al. (2023)
11857	CNHE	Ancyrocephalidae	<i>Euryhaliotrema anecorhizon</i> Kritsky & Mendoza-Franco, 2012	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Mendoza-Franco et al. (2023)
11855	CNHE	Ancyrocephalidae	<i>Euryhaliotrema disparum</i> Mendoza-Franco, Villalba-Vásquez & Violante-González, 2023 ^{11,12}	<i>Rhencus panamensis</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Mendoza-Franco et al. (2023)
11860	CNHE	Ancyrocephalidae	<i>Haliotrematoides uagroi</i> Mendoza-Franco, Villalba-Vásquez & Violante-González, 2023 ^{11,12}	<i>Lutjanus inermis</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Mendoza-Franco et al. (2023)
12101	CNHE	Capsalidae	<i>Neobenadenia girellae</i> (Hargis, 1955) Yamaguti, 1963	<i>Thunnus albacare</i>	Costa de Sinaloa	Sinaloa	Grano-Maldonado et al. (2025)
0430	CPMHN UABCS	Capsalidae	<i>Bajacalifornia universalis</i> Gómez del Prado, 2023 ^{11,12}	<i>Paralabrax auroguttatus</i>	Bahía de Los Ángeles	Baja California	Gómez del Prado (2023)
11444	CNHE	Diplectanidae	<i>Rhabdosynochus pacificus</i> Montero, Mendoza-Franco & López, 2020 ^{11,12}	<i>Centropomus robalito</i>	Barra de Navidad	Jalisco	Montero et al. (2021)
11442	CNHE	Diplectanidae	<i>Rhabdosynochus viridis</i> Montero, Mendoza-Franco & López, 2020 ^{11,12}	<i>Centropomus viridis</i>	Barra de Navidad	Jalisco	Montero et al. (2021)
??	??	Gastrocotylidae	<i>Pseudaxine trachuri</i> Parona & Perugia, 1890	<i>Caranx vintus</i>	Bahía de Mazatlán	Sinaloa	Oruna-Cabanillas et al. (2024)
??	COMA	Gastrocotylidae	<i>Churavera triangula</i> (Mamaev, 1967) Lebedev, 1986	<i>Sarda orientalis</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Santos-Bustos et al. (2020)
11006	CNHE	Gastrocotylidae	<i>Allospseudaxine macrova</i> (Unnithan, 1957) Yamaguti, 1963	<i>Euthynnus lineatus</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Miranda-Delgado et al. (2019)
11008	CNHE	Gastrocotylidae	<i>Churavera macrova</i> Unnithan, 1968	<i>Euthynnus lineatus</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Miranda-Delgado et al. (2019)
??	CNHE	Heteraxinidae	<i>Probursata veraecrucis</i> Bravo-Hollis, 1984	<i>Oligoplites altus</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Salas-Villalobos et al. (2025)
??	??	Heteromicrocotylidae	<i>Heteromicrocotyla carangis</i> Yamaguti, 1953	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Bahía de Acapulco	Guerrero	Violante-González et al. (2020)
??	??	Hexostomatidae	<i>Hexostoma thynni</i> (Delaroche, 1811) Rafinesque, 1815	<i>Thunnus albacare</i>	Costa de Sinaloa	Sinaloa	Grano-Maldonado et al. (2025)
??	??	Mazocraeidae	<i>Mazocraeoides gorgiei</i> Price, 1936	<i>Opisthonema libertate</i>	Mármol	Sinaloa	López-Moreno et al. (2023)
??	??	Mazocraeidae	<i>Cribromazocraes travassosi</i> Santos & Kohn, 1992	<i>Opisthonema libertate</i>	Bahía de Guaymas	Sonora	López-Moreno et al. (2023)
??	??	Plectanocotylidae	<i>Octoplectanocotyla travassosi</i> Carvalo & Luque, 2012	<i>Trichuiris nitens</i>	Las Glorias	Sinaloa	Morales-Serna et al. (2025)

??= Número de catálogo o colección no disponible.

Hasta 2025, se han descrito 72 holotipos de monogeneos en la costa mexicana del océano Pacífico, destacando las familias Ancyrocephalidae y Capsalidae, con 13 especies nuevas cada una. Sin embargo, la tasa de descripción de especies nuevas ha sido muy variable,



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

destacando la década de 1960 como la más productiva. En contraste, durante los últimos 20 años, solo se han descrito 20 especies en esta zona (Figura 5a).

A diferencia de otros grupos como los cestodos, donde solo para el Golfo de California autores como Caira, Jensen, Rhunke, y Campbell, entre otros, describieron más de 45 especies (36 fueron nuevas) (ver Merlo-Serna & García-Prieto, 2016), en el caso de los monogeneos, la gran mayoría de los holotipos han sido descritos por autores mexicanos, sobresaliendo los trabajos de Bravo-Hollis y Caballero y Caballero, quienes en conjunto nombraron 31 especies (Figuras 5b). El número de hospederos a partir de los cuales se han descrito la mayor cantidad de holotipos está representado por 15 especies, con un valor que oscila entre 2 y 4 especies nuevas por cada una (Figura 5c).

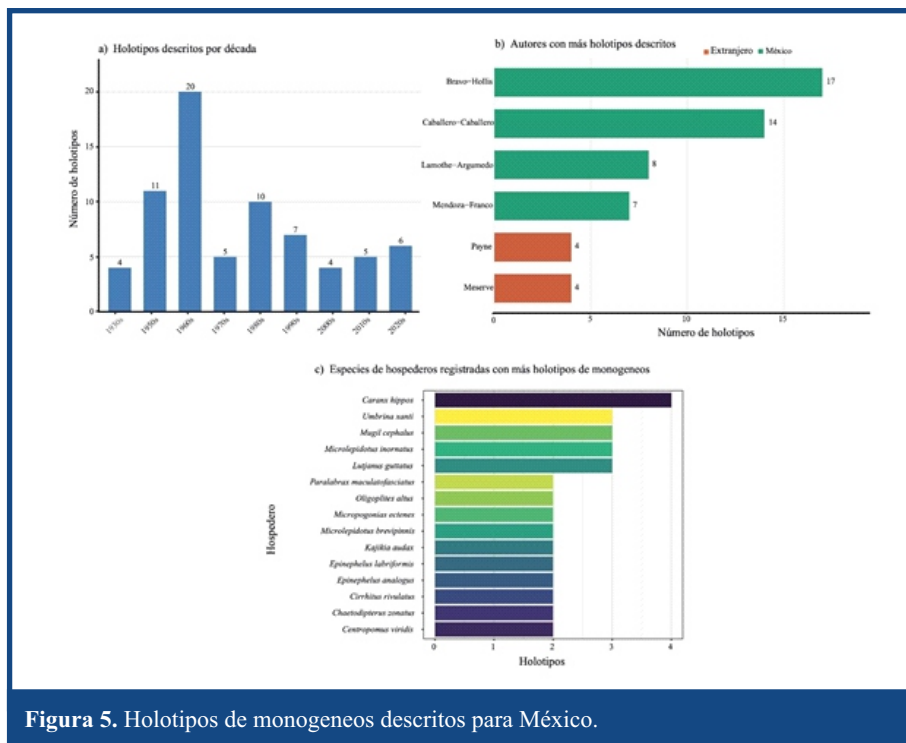


Figura 5. Holotipos de monogeneos descritos para México.

Con respecto al resguardo del material estudiado en México, este se encuentra depositado en 10 colecciones científicas, 6 nacionales (CNHE, CPMHN-UABCS, COMA, CIAD, ENCB y CICESE) y cuatro internacionales (USNM, HWML, QM, IPCAS). El mayor acervo de especies se encuentra depositado en la CNHE, seguido por la USNM y la HWML. Sin embargo, para una gran parte de las especies (40) no se especificó el destino del material y para 13 no existe material depositado en ninguna colección (Figura 6a). De las 140 especies registradas en el



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Pacífico mexicano, la CNHE alberga 110, de las cuales 69 están depositadas exclusivamente en ésta; por otro lado, 11 se encuentran exclusivamente en 4 colecciones (Figura 6b). Con relación a los holotipos, la CNHE destaca nuevamente por custodiar la mayoría, aunque también hay holotipos depositados en otras 4 colecciones (Figura 6c). Cabe resaltar que la colección de la ENCB desapareció en la segunda mitad del siglo pasado y que el futuro de la CPMHN-UABCS es incierto debido al retiro de la investigadora encargada (Gómez del Prado, com. pers.). De acuerdo con Hoberg (2002), la pérdida o deterioro de colecciones parasitológicas, limita la reproducibilidad de estudios taxonómicos y reduce la disponibilidad de material de referencia, indispensable para futuras revisiones sistemáticas y análisis de biodiversidad.

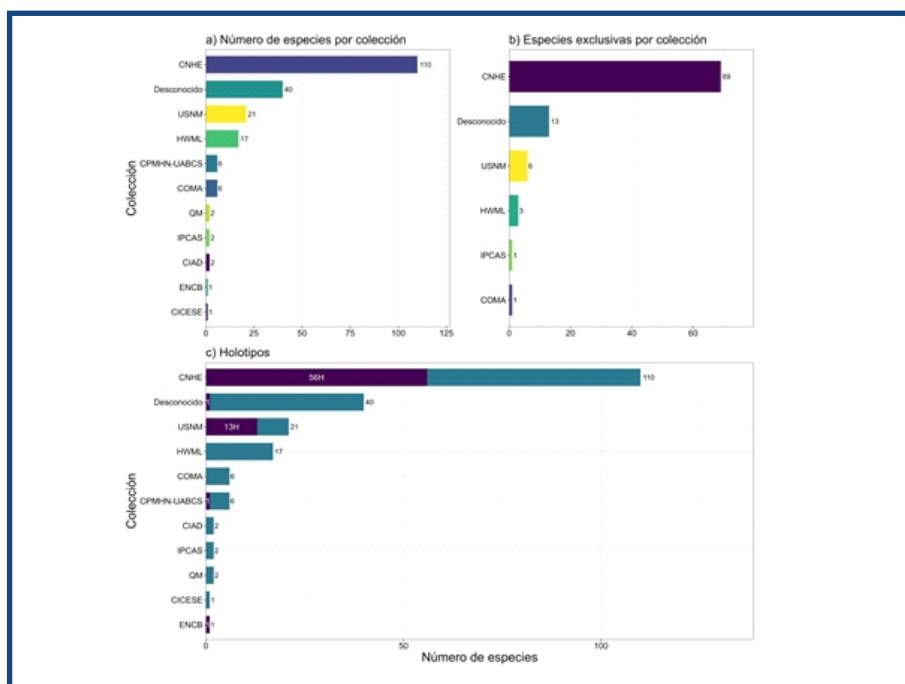


Figura 6. Monogeneos de México depositados en colecciones científicas. a) Número de especies, b) Especies exclusivas, c) Holotipos. CNHE= Colección Nacional de Helmintos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. USNM= National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C., EUA. CIAD= Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), COMA= Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ENCB= Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. IPCAS= Instituto de Parasitología Academia de Ciencias de la República Checa, České Budějovice República Checa. QM= Queensland Museum, Queensland, Australia. CPMHN-UABCS= Colección Parasitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México. HWML= Harold W. Manter Laboratory, Parasite Collection, Lincoln, Nebraska, EUA. CICESE= Laboratorio de Ecología Pesquera del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

De acuerdo con Espinosa-Pérez (2014), el número de especies de actinoptergios distribuidas a lo largo del Pacífico de México es de 1121, es decir, solo el 10% ha sido registrado como hospedero de al menos una especie de monogeneo en 88 años. Si consideramos la tasa de descripción anual de especies de monogeneos asociados a estos vertebrados (1.6), la brecha de conocimiento sobre esta asociación es muy elevada. La mayor parte de las especies de peces estudiadas se encuentran en la categoría LC (riesgo menor de acuerdo con la IUCN, 2025), una en peligro crítico (CR), dos en peligro (EN), una vulnerable (VU) y dos casi amenazadas (NT) (Figura 7). Basados en los puntos anteriores, es probable que muchas de las especies de monogeneos que se distribuyen en la zona no lleguen a ser conocidas.

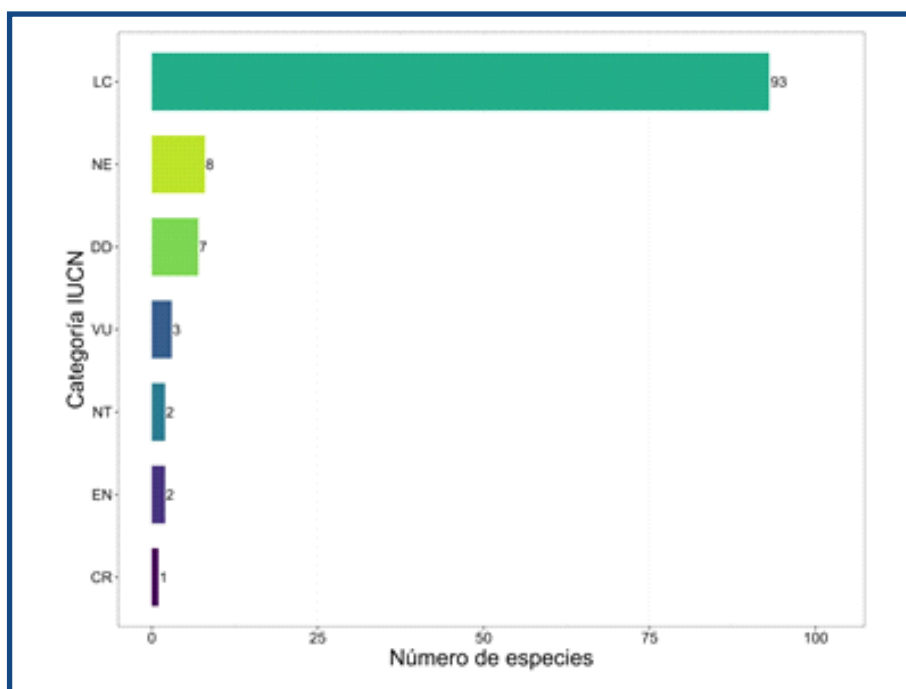


Figura 7. Categorías de la Lista Roja de la UICN. LC = Preocupación Menor, NE = No Evaluado, DD = Datos Insuficientes, NT = Casi Amenazado, VU = Vulnerable, EN = En Peligro, CR = En Peligro Crítico.

El presente estudio pone en evidencia la existencia de sesgos y brechas importantes en el conocimiento de la riqueza de monogeneos en peces de la costa del Pacífico mexicano; para subsanarlos, consideramos que es indispensable: (1) realizar un mayor esfuerzo de muestreo tanto geográfico como hospedatorio; (2) enfocar los estudios en especies de



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



hospederos y regiones poco o no representadas; (3) realizar estudios que involucren morfología, ultraestructura y biología molecular, con la consiguiente formación de taxónomos especializados; (4) fomentar el depósito del material en colecciones científicas y finalmente, (5) implementar este tipo de diagnóstico para otras zonas, grupos de helmintos y hospederos.

► AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Mayra I. Grano-Maldonado por su invitación a participar en este volumen y al Dr. Alejandro Ocegüera-Figueroa por permitirnos el acceso a las bases de datos de la Colección Nacional de Helmintos. VRA e ILDM agradecen al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y DFD al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM, así como a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por las becas de estudios doctorales otorgadas.

► LITERATURA CITADA

Bravo-Hollis, M. (1951). Acerca de un nuevo tremátodo del Orden Monogenea van Beneden, 1858, I. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*. 22: 497-503.

Espinosa-Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 450-459. <https://doi.org/10.7550/rmb.32264>

Flores-Crespo, J. & Flores-Crespo, R. (2003). Monogeneos, parásitos de peces en México: estudio recapitulativo. *Técnica Pecuaria en México* 41: 175-192.

Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2026. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, Accessed [10/06/2026].

Galván-Villa, C. M., Ríos-Jara, E., Bastida-Izaguirre, D., Hastings, P. A., & Balart, E. F. (2016). Annotated checklist of marine fishes from the Sanctuary of Bahía Chamela, Mexico with occurrence and biogeographic data. *ZooKeys*, (554), 139. <https://doi.org/10.3897/zookeys.554.6106>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., & Pérez-Ponce de León, G. (2014). Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 164-170. <https://doi.org/10.7550/rmb.31756>

Gómez del Prado, R. M. C. (2023). *Bajacalifornia* sp. n. (Capsalidae: Monogenea) parásito de tres especies de *Paralabrax* (Serranidae: Actynopterigii) de la península de Baja California, México. *Neotropical Helminthology* 17: 197-208. <https://doi.org/10.24039/rnh20231721688>

Grano-Maldonado, M., Robles-Cabrera, Á., Andrade-Gómez, L., Mendoza-Garfias, B., García-Varela, M., & Pérez-Ponce de León, G. (2025). Identification of the metazoan parasite fauna of the Yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) (Scombridae) from off the coast of Sinaloa, in northwestern Mexico. *Journal of Helminthology* 99: e112, <https://doi.org/10.1017/S0022149X25100795>

Hoberg, E. P. (2002). Foundations for an integrative parasitology: Collections, archives, and biodiversity informatics. *Comparative Parasitology*, 69: 124-131. [https://doi.org/10.1654/1525-2647\(2002\)069\[0124:FFAIPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1654/1525-2647(2002)069[0124:FFAIPC]2.0.CO;2)

IUCN. (2026). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2026-1. <https://www.iucnredlist.org>

Klimpel, S., Palm, H. W., Busch, M. W., Kellermanns, E., & Rückert, S. (2006). Fish parasites in the Arctic deep-sea: Poor diversity in pelagic fish species vs. heavy parasite load in a demersal fish. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 53: 1167-1181. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2006.05.009>

Kohn, A., Cohen, S. C. & Salgado-Maldonado, G. (2006). Checklist of Monogenea parasite of freshwater and marine fishes, amphibians and reptiles from Mexico, Central America and Caribbean. *Zootaxa* 1289: 1-114. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1289.1.1>

Lamothe-Argumedo, R. & Jaimes-Cruz, B. (1982). Monogenea, in Hulbert's. H. & Villalobos-Figueroa, A. (eds), Aquatic Biota of México, Central America and the West Indies. San Diego State University, San Diego, California: 65-72.

López-Moreno, D. G., Vallarta-Zárate, J.R.F., MarínEnríquez, E., Amezcua, F. & Morales-Serna, F.N. (2023). Looking for parasites as potential biological tags for Pacific Thread Herring, *Opisthonema libertate* (Günther, 1867) (Clupeiformes, Dorosomatidae), in the Gulf of California. *Fishes* 8: 1-13. <https://doi.org/10.3390/fishes8070336>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Mendoza-Franco, E. F., Villalba-Vásquez, P. J., & Violante-González, J. (2023). Species of Dactylogyridae (Monogenoidea, Polyonchoinea) from the gills of haemulid and lutjanid fishes (Perciformes) from the Pacific coast of Mexico. *Systematic Parasitology* 100: 439-437. <https://doi.org/10.1007/s11230-023-10095-3>

Mendoza-Franco, E. F., Valente-Alarcón, F., & Violante-González, J. (2024). Dactylogyrids (Monogenoidea) Parasitizing *Microlepidotus brevipinnis* (Haemulidae) from the Pacific Coast of Mexico: *Magnanchor raris* n. gen., n. sp. and supplementary taxonomic information for *Mexicana bychowskyi* Caballero and Bravo-Hollis 1959. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences* 40: 1223-1229. <https://doi.org/10.1007/s41208-024-00675-5>

Mendoza-Garfias, B., Garcia-Prieto, L., & Pérez-Ponce de León, G. (2017). Checklist of the Monogenea (Platyhelminthes) parasitic in Mexican aquatic vertebrates. *Zoosystema*, 39: 501-598. <https://doi.org/10.5252/z2017n4a5>

Merlo-Serna, A. I., & García-Prieto, L. (2016). A checklist of helminth parasites of Elasmobranchii in Mexico. *ZooKeys* 563: 1-73. <https://doi.org/10.3897/zookeys.563.6067>

Meserve, F. G. (1938). Some monogenetic trematodes from the Galapagos Islands and the neighboring Pacific. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 2: 31-73.

Miranda-Delgado, J., Violante-González, J., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., García-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., Romero-Ramírez, Y., & Santos-Bustos, N. G. (2019) Factors linked to interannual variation in the metazoan parasite communities of black skipjack, *Euthynnus lineatus* (Pisces: Scombridae). *Invertebrate Biology* 138: e12259. <https://doi.org/10.1111/ivb.12259>.

Montero-Rodríguez, M., Mendoza-Franco, E. F., & Téllez, N. A. L. (2021). New Species of *Rhabdosynochus* Mizelle and Blatz 1941 (Monogenoidea: Diplectanidae) from the gills of the cultured *Centropomus viridis* (Perciformes) in the Mexican eastern tropical Pacific. *Acta Parasitologica* 66: 487-492. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00303-1>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Morales-Serna, F. N., López-Moreno, D., Osuna-Cabanillas, J. M., Cruz-Barraza, J. A., & Hernández-Mena, D. (2025). Parasite communities of the Pacific cutlassfish *Trichiurus nitens*: clues to its feeding ecology and population connectivity. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 105: e106:1-12. <https://doi.org/10.1017/S0025315425100623>

Osuna-Cabanillas, J. M., Marín-Enríquez, E., MoralesSerna, F. N. Martínez-Falcón, A. P. & Timi, J. T. (2024). Low similarity between parasite communities of ten sympatric carangid species. *Parasitology International* 101: 102885. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2024.102885>

Pérez-Ponce de León, G., & Choudhury, A. (2010). Parasite inventories and DNA-based taxonomy: Lessons from helminths of freshwater fishes in a megadiverse country. *Journal of Parasitology*, 96: 236-244. <https://doi.org/10.1645/GE-2239.1>

Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., & Mendoza-Garfias, B. (2011). Describing parasite biodiversity: The case of the helminth fauna of wildlife vertebrates in Mexico. En O. Grillo & G. Venora (Eds.), *Changing diversity in changing environment* (pp. 33-54). InTech, Rijeka, Croatia.

Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., León-Règagnon, V., Pulido-Flores, C., Aranda-Cruz, C. & García-Vargas, F. (1999). *Listados Faunísticos de México IX. Biodiversidad de Helmintos parásitos de peces marinos y estuarinos de la Bahía de Chamela, Jalisco*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Poulin, R. (2014). Parasite biodiversity revisited: frontiers and constraints. *International Journal for Parasitology* 44: 581-589. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.02.003>

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Salas-Villalobos, S. S., Violante-González, J., Mendoza-Franco, E. F., Gallegos-Navarro, Y., Rodríguez-Ibarra, E., Valencia-Cayetano, C., Carbajal-Violante, J., & García-Ibáñez, S. (2025). Species richness and similarity of parasite communities in ten species of carangid fish (Carangiformes) from the Mexican Southern Pacific. *Folia Parasitologica* 72: 1-13. <https://doi.org/10.14411/fp.2025.017>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Santos-Bustos, N. G., Violante-González, J., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., Flores-Rodríguez, P., Rosas-Acevedo, J. L., & Villalba-Vázquez, P. J. (2020). Parasite communities of striped bonito *Sarda orientalis* (Pisces: Scombridae) on the Pacific coast of Mexico. *New Zealand Journal of Zoology* 48: 97-112. <https://doi.org/10.1080/03014223.2020.1792516>

Stunkard, H. W. (1924). A new trematode, *Oculotrema hippopotami* ng, n. sp, from the eye of the hippopotamus. *Parasitology* 16: 436-440. <https://doi:10.1017/S0031182000020333>

Violante-González, J., Monks S., Gallegos-Navarro Y., Santos-Bustos, N. G., Villalba-Vásquez, P. J., Padilla-Serrato, J. G., & Pulido-Flores, G. (2020). Interannual variation in the metazoan parasite communities of bigeye trevally *Caranx sexfasciatus* (Pisces, Carangidae). *Parasite* 27: 6. <https://doi:10.1051/parasite/2020001>.

WoRMS Editorial Board (2026). World Register of Marine Species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed [12/06/2026].



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original