CONDICIÓN FÍSICA DE LAS POBLACIONES DE LISA *MUGIL* SPP. DEL PACÍFICO MEXICANO

BASES PARA UN MANEJO SOSTENIBLE DE SUS PESQUERÍAS

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

Apolinar Santamaría Miranda
Juan Pablo Apún Molina
Juan Violante González
(coordinadores)

Condición física de las poblaciones de lisa *Mugil* spp. del Pacífico mexicano

Bases para un manejo sostenible de sus pesquerías

Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autentificación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autentificación antiplagio. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado, así como la consulta del libro en Acceso Abierto.

www.comunicacion-cientifica.com

DOI.ORG/10.52501/cc.292

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA PUBLICACIONES ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+I
COLECCIÓN CIENCIA e INVESTIGACIÓN

Condición física de las poblaciones de lisa *Mugil* spp. del Pacífico mexicano

Bases para un manejo sostenible de sus pesquerías

Apolinar Santamaría Miranda
Juan Pablo Apún Molina
Juan Violante González
(coordinadores)

Unidad Sinaloa
COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

Condición física de las poblaciones de lisa *Mugil* spp. del Pacífico mexicano : Bases para un manejo sostenible de sus pesquerías / Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina y Juan Violante González (coordinadores). — Ciudad de México : Comunicación Científica, 2025. (Colección Ciencia e Investigación).

185 páginas : gráficas ; 23 × 16.5 centímetros

ISBN 978-607-2628-89-2

DOI 10.52501/cc.292

1. Piscicultura. 2. Lisa. 3. Poblaciones de peces. I. Santamaría Miranda, Apolinar, coordinadora. II. Apún Molina, Juan Pablo, coordinador. III. Violante González, Juan, coordinador.

LC: SH151 C66 Dewey: 639.3 C37

La titularidad de los derechos patrimoniales y morales de esta obra pertenece a los coordinadores D. R. © Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina y Juan Violante González, 2025. Reservados todos los derechos conforme a la ley. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2025

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta
Maquetación: Juliana Avendaño • Cuidado editorial: Sebastián Gómez

Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., 2025,
Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,
Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,
Tel.: (52) 55-5696-6541 • Móvil: (52) 55-4516-2170
info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com
comunicacioncientificapublicaciones @ ComunidadCient2

ISBN 978-607-2628-89-2

DOI 10.52501/cc.292

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
El proceso transparentado puede consultarse, así como el libro en acceso abierto,
en https://doi.org/10.52501/cc.292

Índice

Agradecimientos 13
Presentación 15
Prólogo 17

1. Análisis de microplásticos en estómagos de *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en el norte de Sinaloa, *Alejandra Valenzuela García, Apolinar Santamaría Miranda, Máximo García Marciano, Juan Pablo Apún Molina, Eileen Payán Urías, Luis Parmenio Suescún Bolívar y Refugio Riquelmer Lugo Gamboa* 19
   Introducción 20
   Resultados y discusión 23
   Referencias 30

2. Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en el norte de Sinaloa, *Eileen Payán Urías, Alejandra Valenzuela García, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Martín Armando Román Vega y Máximo García Marciano* 33
   Introducción 34
   Resultados y discusiones 35
   Referencias 38

3. Análisis de la presencia de microplásticos en estómago de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en playa La Robalera y bahía del Perro, Ahome, Sinaloa, *Sarai Guadalupe Rodrigo Ruelas, Apolinar Santamaría Miranda, Pedro Hernández Sandoval, Juan Pablo Apún Molina, Máximo García Marciano y Luis Parmenio Suescún Bolívar* 41
Introducción. 42
Resultados y discusiones 45
Referencias. 49

4. Valores bioquímicos sanguíneos de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) capturada en el sistema lagunar de Las Grullas Margen Derecha, Ahome, Sinaloa, *María José Ruelas Carlón, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Máximo García Marciano, Magnolia Montoya Mejía y Jesús Arturo Fierro Coronado* 53
Introducción 54
Resultados y discusiones 56
Referencias 60

5. Condición morfofisiológica de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) capturada en el sistema lagunar Las Grullas, Ahome, Sinaloa, México, *Máximo García Marciano, Juan Pablo Apún Molina, Apolinar Santamaría Miranda, María José Ruelas Carlón y Mauro Espinoza Ortiz*. 63
Introducción. 64
Resultados y discusiones 66
Referencias 69

6. Variación interanual de los parásitos de la lisa *Mugil curema* en la laguna de Tres Palos, Guerrero, *Aldo Díaz Gallegos, Juan Violante González, Yesenia Gallegos Navarro, Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez, Flor Ariadna Palacios Atempa, Jonatan Carbajal Violante y Guadalupe Quiterio Rendon* 71
Introducción. 72

Resultados y discusiones 77
Conclusiones 90
Referencias. 90

7. Influencia de las condiciones ambientales en la estructuración de las comunidades de parásitos de *Mugil curema,* en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero, *Juan Violante González, Aldo Díaz Gallegos, Yesenia Gallegos Navarro, Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez, Erick Rodríguez Ibarra, Jonatan Carbajal Violante y Guadalupe Quiterio Rendon* 93
Introducción. 94
Resultados y discusiones 100
Conclusiones 115
Referencias. 115

8. Efecto de las infecciones parasitarias en las poblaciones de lisa *Mugil curema* de lagunas costeras del estado de Guerrero, *Juan Violante González, Aldo Díaz Gallegos, Yesenia Gallegos Navarro, Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez, Erick Rodríguez Ibarra, Jonatan Carbajal Violante y Guadalupe Quiterio Rendon*. 119
Introducción. 120
Resultados y discusión 123
Conclusiones 136
Referencias. 137

9. Parásitos metazoarios de *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Osteichthyes: Mugilidae) de las costas mexicanas, *Erick Rodríguez Ibarra, Yesenia Gallegos Navarro, Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez, Juan Violante González y Griselda Pulido Flores* 141
Introducción. 142
Antecedentes 143
Lista parásito-hospedero de *M. curema* para las costas de México . 161
Referencias. 171

Sobre los autores 177

A nuestros hijos, Juan Pablo, Dante Rafael, Diego Oliver y David Marco:
a ustedes, lo más valioso que tenemos en esta vida.
Al IPN-CIIDIR Sinaloa, por los apoyos otorgados durante esta etapa
académica y de investigación para la generación de conocimientos
en biología, ecología y tecnología en peces y crustáceos.

—Juan Pablo Apún Molina y Apolinar Santamaría Miranda

A la Facultad de Ecología Marina, por haberme dado la oportunidad
de desarrollarme en el mundo de la ecología de parásitos,
así como por habernos proporcionado una vida mejor.

—Juan Violante González

In memoriam
Ana Libia Jiménez Santamaría

Agradecimientos

Agradecemos al IPN-CIIDIR, unidad Sinaloa, por las facilidades otorgadas para la realización de nuestras labores de docencia e investigación durante más de 26 años.

Se agradece el apoyo económico otorgado por el Instituto Politécnico Nacional en la convocatoria 2024 para la publicación del presente libro, a través de la Secretaría de Investigación y Posgrado.

Al programa Estímulos al Desempeño de los Investigadores (EDI) y a la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) del IPN, por las becas otorgadas a los autores J. P. Apún Molina y A. Santamaría Miranda.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por las becas del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) otorgados a los presentes autores.

Se recibieron apoyos de los proyectos "Evaluación del estado de fisiológico, crecimiento y supervivencia de especies acuícolas utilizando productos y subproductos orgánicos cultivados en diferentes condiciones" SIP-IPN-20240178.

A los pescadores de las costas del estado de Guerrero, al igual que a los estudiantes y colegas del laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ecología Marina (UAGRO), sin cuya participación ningún trabajo de investigación habría sido posible.

Presentación

Los peces marinos de la familia Mugilidae, conocidos localmente como "lisas", desempeñan un papel ecológico importante en el reciclado de nutrientes en los ecosistemas estuarinos. Son de hábitos omnívoros y se alimentan principalmente de materia orgánica fina y particulada, microalgas, micro- y meiofauna, así como de otras estructuras orgánicas presentes en el sedimento, por lo que contribuyen al flujo de energía del fondo hacia las capas superiores. En México esta familia está representada por las especies *Mugil cephalus* y *Mugil curema*, las cuales miden entre 30 y 60 cm de longitud total. Las lisas se caracterizan por soportar amplios rangos de salinidad (eurihalinos), pueden habitar en ambientes de agua dulce y estuarinos; se adaptan fácilmente a diferentes niveles de salinidad, los cuales pueden variar entre 0 y 45 ups. Esta gran capacidad fisiológica es clave para su supervivencia y amplia distribución geográfica; se pueden encontrar en aguas tropicales, subtropicales y templadas de todos los océanos. Durante su etapa juvenil ingresan en los ecosistemas lagunares, estuarios y ríos, permanecen en estos cuerpos de agua hasta alcanzar la madurez sexual, retornando al medio marino para reproducirse. Son peces de gran relevancia cultural y económica en diversas áreas pesqueras a nivel mundial, y constituyen una parte importante de las pesquerías artesanales locales. De acuerdo con sus volúmenes de captura en México, las lisas se ubican en el 19º lugar en su producción pesquera y en 25º por su valor económico. Sin embargo, la tasa media de crecimiento anual de producción en los últimos 10 años ha sido

de −0.16%, esto debido a la disminución drástica de sus volúmenes de captura; por ejemplo, en el 2017 fue de 22 352 t, mientras que en el 2023 fue de 12 105 t. En este sentido, se ha sugerido que las lisas tienen un gran potencial en la acuicultura, debido a su amplia aceptación en los mercados locales e internacionales, la alta calidad de su carne y su gran adaptabilidad para crecer en condiciones controladas. Por lo tanto, su cultivo puede contribuir a disminuir su presión pesquera, debido a su alta demanda. El objetivo de la presente obra es aportar información sobre varios aspectos de la biología de las lisas como su condición morfofisiológica, bioquímica sanguínea y grado de ingestión de microplásticos; así como del efecto de las enfermedades parasitarias sobre la condición física de sus poblaciones, en ambientes estuarinos. Los resultados obtenidos de los capítulos que se presentan pueden contribuir al establecimiento de las bases para su ordenamiento pesquero, así como al desarrollo de la biotecnología de su cultivo en México en los próximos años.

Prólogo

La pesca constituye una actividad muy importante en la economía global, seguridad alimentaria y salud de ecosistemas acuáticos. Es una actividad crítica que proporciona alimentos con proteínas esenciales a las poblaciones humanas, al mismo tiempo que da empleo a millones de personas en el mundo, especialmente en países en desarrollo. No obstante, esta actividad enfrenta varias amenazas que ponen en riesgo su sustentabilidad. Estas incluyen la sobrepesca, la destrucción de hábitats acuáticos y la contaminación. Esta última puede deberse a escurrimientos de aguas industriales, agrícolas y urbanas, la presencia de sustancias químicas, metales pesados y exceso de nutrientes, y más recientemente a la presencia de microplásticos en ambientes acuáticos dulceacuícolas y marinos. La contaminación por microplásticos se ha encontrado no solamente en estos ambientes, sino también en el ámbito aéreo y en suelos de todo el mundo. Los microplásticos pueden ser ingeridos o adherirse a organismos acuáticos como los peces y causar daños a sus órganos, alterando con ello muchas de sus funciones, incluidas la alimentación y la reproducción. Estos efectos pueden dañar la salud de comunidades de plantas, animales e incluso al ser humano.

Las lisas *Mugil* spp. son un grupo de especies de peces muy importantes para la alimentación humana. Estos peces habitan ambientes dulceacuícolas y marinos, principalmente en regiones tropicales y templadas del mundo. Las lisas tienen una gran importancia económica y ecológica debido a su papel en las pesquerías y ecosistemas. Estas especies son un esla-

bón vital en las redes tróficas de ecosistemas acuáticos, ya que controlan los brotes de plantas acuáticas y algas, contribuyendo así al flujo de nutrientes, y además son un recurso alimenticio fundamental para mantener poblaciones de grandes depredadores, como mamíferos marinos, peces y aves. Desde el punto de vista económico y pesquero, las lisas son un recurso alimenticio valioso para las poblaciones humanas, pero también tienen un papel en la pesca recreativa a nivel mundial. No obstante, estas especies están amenazadas por la contaminación por microplásticos.

El presente libro, *Condición física de las poblaciones de lisa* Mugil *spp. del Pacífico mexicano: Bases para un manejo sostenible de sus pesquerías,* presenta un punto de vista del impacto que tienen los microplásticos sobre varios aspectos morfofisiológicos de las especies de lisa *(Mugil cephalus* y *Mugil curema)* que viven en el Pacífico mexicano. Este libro consta de nueve capítulos, en donde sus autores exploran un aspecto de la salud de los peces y el efecto que tienen los microplásticos sobre las especies de lisa. Estas evaluaciones incluyen variaciones en los valores hematológicos y bioquímicos en sangre, así como alteraciones en el tracto digestivo y el efecto de los microplásticos en la susceptibilidad de estas especies a diferentes endoparásitos, las implicaciones en la salud y bienestar de los animales.

Los coordinadores y autores del presente libro usan en cada capítulo su amplia experiencia en temas de cultivo, fisiología, reproducción, hábitos alimenticios y sanidad de peces. Los participantes han trabajado con diferentes especies de peces, entre las que se incluyen peces marinos como el pargo y la lisa, o la tilapia, que es de ambientes salobres y dulceacuícolas.

Finalmente, el libro invita al lector a ver que la presencia de microplásticos en estas poblaciones de peces implica que es urgente tomar medidas ecológicas y sanitarias para implementar mecanismos eficaces de manejo de residuos, reducción de plásticos e impulsar investigaciones sobre el efecto de microplásticos en los ecosistemas y el posible impacto que estos contaminantes pueden tener a largo plazo en la salud humana.

Dr. César Marcial Escobedo Bonilla
Investigador en virología y patología del camarón
y otros organismos acuáticos cultivados
IPN-CIIDIR Sinaloa

1. Análisis de microplásticos en estómagos de *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en el norte de Sinaloa

Alejandra Valenzuela García[1]
Apolinar Santamaría Miranda[2]
Máximo García Marciano[3]
Juan Pablo Apún Molina[4]
Eileen Payán Urías[5]
Luis Parmenio Suescún Bolívar[6]
Refugio Riquelmer Lugo Gamboa[7]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.01

Resumen

Los microplásticos alcanzan tamaños entre 5 mm y 100 µm, los cuales se degradan hasta nanoplásticos, que son menores a 100 nm. Estos microplásticos representan una amenaza para los peces dado que bloquean el paso de los alimentos, reducen la ingesta y asimilación de los nutrientes, afectando su crecimiento, reproducción, metabolismo y supervivencia, entre otros aspectos. En la presente investigación en la lisa *Mugil cephalus* se encontraron 31 partículas microplásticas en los estómagos, con tamaños que oscilan entre 1.15 y 3.9 mm. No se presentaron diferencias significativas entre or-

[1] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9228-9232; correo electrónico: avalenzuela240@gmail.com
[2] Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8335-1460
[3] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6530-5954
[4] Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9006-8882
[5] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5013-9292
[6] Doctor en Ciencias del Mar y Limnología. Profesor-investigador de medio tiempo en la Universidad de Cartagena, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0707-403X
[7] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante de doctorado en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0009-0003-9564-4326

ganismos inmaduros, machos o hembras, ni en el análisis por tallas. En el análisis morfofisiológico se presentaron diferencias significativas en el índice de repleción gástrica en organismos de la bahía El Perro, en Ahome, Sinaloa.

Palabras clave: *Mugil cephalus, condición fisiológica, microplásticos.*

Introducción

Los plásticos sintéticos presentes en los objetos cotidianos constituyen los principales desechos antropogénicos que ingresan a los océanos de la Tierra. Los océanos proporcionan recursos importantes y valiosos, como alimentos, energía y agua. También son la principal vía de comercio internacional y el principal estabilizador del clima. Por lo tanto, los cambios en el ecosistema marino causados por influencias antropogénicas, como la contaminación por plástico, pueden tener un impacto dramático a escala global (Urbanek et al., 2018).

Una mayor preocupación son los microplásticos: fragmentos de plástico, fibras y perlas < 5 mm de diámetro, fabricados para tener un tamaño microscópico o derivados de la degradación de desechos plásticos más grandes (Cole et al., 2011).

Se ha demostrado que los microplásticos contienen cantidades significativas de sustancias nocivas añadidas a su composición durante su producción; estos aditivos son responsables de algunas propiedades diferentes que se les confieren (Wang et al., 2015). Además, atraen otras sustancias cuando están en la superficie del agua debido a su naturaleza hidrófoba, incluidos los contaminantes orgánicos persistentes (POPS), materia vegetal, bacterias, contaminantes químicos, aditivos, monómeros, oligómeros y metales que son adsorbidos por la superficie del plástico (Cole et al., 2019; Galloway et al., 2017; Galloway y Lewis, 2017; Euten et al., 2009).

Especialistas de la UNAM advierten que los efectos de los microplásticos en la fauna marina son diversos y van desde estrés, heridas por fricción, obstrucción intestinal, inhibición de enzimas gástricas, retraso en la ovulación e inanición, hasta anormalidades reproductivas y cáncer. Todo ello

puede escalar hacia la población, con lo que ocurriría una afectación en la biodiversidad en general (Sánchez, 2021).

Está documentada la evidencia de alteraciones producidas en los animales expuestos a microplásticos. Se sabe que atraviesan tejidos y órganos, desencadenando estrés oxidativo, inflamación y daño celular, así como respuestas inmunes localizadas, entre otros deterioros. Además, las partículas muy finas son capaces de atravesar las membranas celulares, la barrera hematoencefálica y la placenta (Delgado, 2019).

En 2017 McGoran et al. mencionan que es elevada la cantidad de microplásticos encontrados en el tracto digestivo de peces de ambientes acuáticos; sin embargo, Davison y Asch en 2011 encontraron una incidencia de 9.2% de microplásticos en el tracto digestivo de 114 peces mesopelágicos, por lo que se deduce que la ingestión de microplásticos por peces se encuentra influenciada por diversos factores, incluido el nivel de contaminación de microplásticos local, la estrategia de alimentación de cada especie de pez y otros factores ambientales (Battaglia et al., 2016; Bucol et al., 2020; Romeo et al., 2015; Wang et al., 2020).

Diversos trabajos exponen que uno de los grupos que han resultado gravemente afectados es el de los peces, ya que se calcula que más de 600 especies ingieren por error fragmentos de plástico que confunden con alimento (Cole et al., 2011).

Una vez que los microplásticos son ingeridos, las sustancias químicas aditivas que penetran en la estructura del plástico son translocadas al sistema circulatorio y otros órganos por lo que son persistentes y capaces de llegar al humano consumidor de especies de importancia comercial, como bivalvos, crustáceos y peces (Wright et al., 2013).

De acuerdo con Cheung et al. (2018), la lisa *Mugil cephalus* es una especie que presenta un alto riesgo de ingestión de microplásticos, la cual es de gran importancia económica para muchos países, incluido México, ya que consta del 2.6% de la producción total de peces marinos. Debido a sus hábitos alimenticios bentónicos, esta especie presenta una alta ingestión de microplásticos. Además de que se considera de gran importancia para el monitoreo de la salud de los ecosistemas costeros, la lisa, al ser consumida por aves y peces carnívoros también está relacionada con la transferencia de microplásticos de niveles tróficos inferiores a superiores.

La lisa es una especie diurna omnívora que se alimenta principalmente de zooplancton, materia vegetal muerta y detritos. Posee una molleja de paredes gruesas y un intestino largo que le permite alimentarse, eliminando así los detritos y microalgas del sedimento, el cual también ingieren para poder moler el alimento. *Mugil cephalus* (figura 1.1) es una especie marina, que penetra en estuarios y aguas dulces; sin embargo, desova en el mar y luego los jóvenes entran en el estuario. El desove sería lejos de la costa, pero los juveniles se acercarían al litoral en diciembre y permanecen en aguas estuarinas y marinas costeras hasta los tres años de vida (Oliver, 1943).

Figura 1.1. *Lisa (Mugil cephalus, L. 1758)*

Fuente: imagen propia de los autores.

Por otro lado, las larvas de *M. cephalus* se alimentan principalmente de pequeños crustáceos, aunque también se han encontrado copépodos, larvas de mosquito y restos de plantas en el contenido estomacal de larvas de menos de 35 mm de longitud. Mientras más comida ingiera el pez, más grande será su talla (FAO, 2009).

La actividad pesquera de la lisa se intensifica dentro de los ambientes estuarinos, ya que tanto la carne como las gónadas de esta especie, localmente conocida como "hueva", alcanzan un elevado valor comercial en el mercado local y en el nacional (Gómez-Ortiz et al., 2006; Ibáñez-Aguirre et al., 1999).

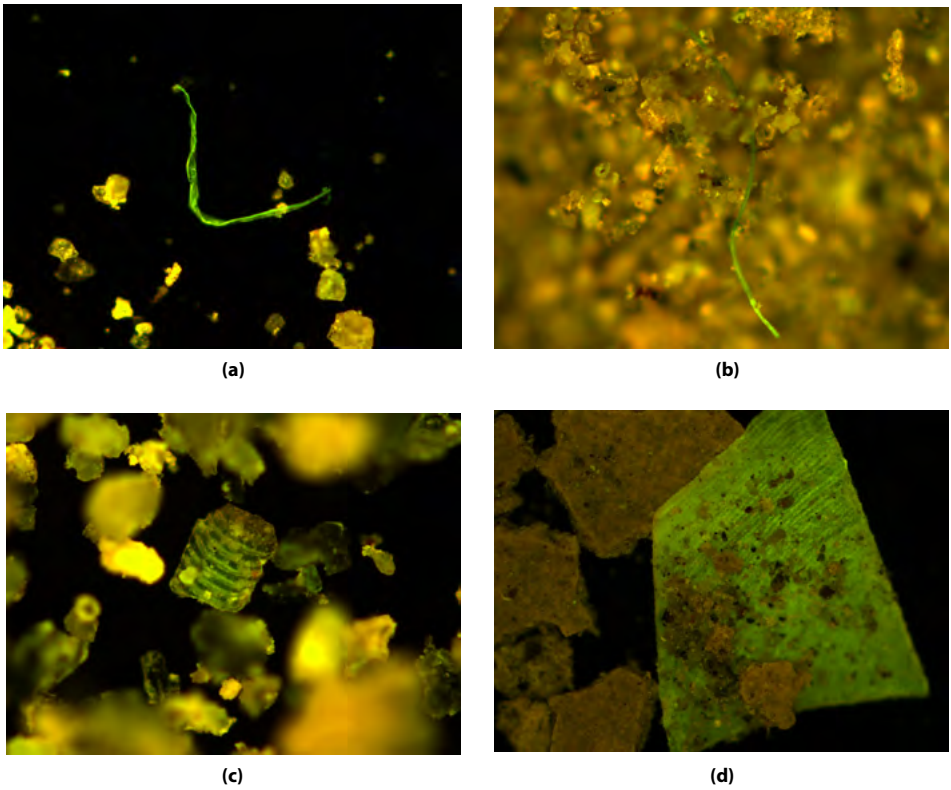
M. cephalus es cosmopolita en las aguas costeras de la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales. En el océano Atlántico occidental se encuentra en Nueva Escocia, en Canadá, al sur de Brasil, incluido el Golfo de México. Está ausente en las Bahamas y el mar Caribe. En el océano Atlántico oriental, el salmonete rayado se encuentra desde el Golfo de Vizcaya (Francia) hasta Sudáfrica, incluidos el mar Mediterráneo y el mar Negro. El rango del océano Pacífico oriental incluye el sur de California al sur de Chile (FAO, 2009).

Resultados y discusión

Abundancia y tipo de microplásticos

Se encontró un total de 1488 partículas de microplásticos (MP) presentes en el contenido estomacal de 47 organismos, con un promedio de 31 partículas por organismo, la mayoría fueron fibras de cuerdas de nylon (figura 1.2). Estos resultados son similares a los de Hastuti et al. (2019) quienes encontraron un total de 2 063 partículas de MP en 174 peces de importancia co-

Figura 1.2. *Microplásticos en el contenido estomacal de organismos de M. cephalus analizados en la estación climática de primavera*



Nota: Se clasificaron por tipo de material (a, b: fibras de cuerdas de nylon; c, d: material desconocido).
Fuente: fotografía propia tomada con el microscopio Leica DM4000 de fragmentos de MP en peces.

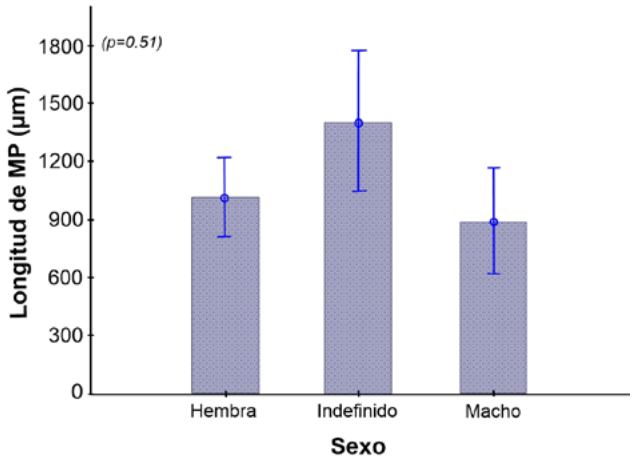
mercial en Indonesia, en el que el número promedio de partículas por individuo fue de 12.21 ± 9.76. Sin embargo, Cheung et al. (2018) encontraron un total de 147 partículas de microplásticos en 18 lisas *(Mugil cephalus)* silvestres capturadas en la costa este de Hong Kong, con un promedio de 4.3 partículas por organismo, lo que sugiere que el 60% de los peces muestreados contenían microplásticos. El polipropileno fue el polímero más encontrado (42%) y en segundo lugar se halló el polietileno (25%). Por otra parte, Nadal et al. (2016) reportaron que el 57.8% de bogas *(Boops boops)* analizadas presentaron microplásticos, siendo un total de 337 organismos colectados alrededor del mar Balear, ubicado en la península ibérica, con un promedio de 3.75 partículas por organismo. La gran diferencia entre los resultados de esta investigación con los comparados se puede deber a que en los sitios de muestreo existe una alta actividad de pesca y esto coincide con las fibras de cuerdas de nylon que fueron el polímero de mayor abundancia entre las muestras, también se puede deber a la alta actividad antropogénica que se da en la estación de primavera y verano debido a las festividades de playa.

Microplásticos en relación con los sexos y tallas

La longitud (µm) (gráfica 1.1) y número de MP (gráfica 1.2) en relación con el sexo del organismo fue mayor en los indefinidos, donde la mayor partícula de MP que se encontró fue de 3 955.68 µm, mientras que la longitud menor fue de 115.99 µm, que se halló en un macho; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas. Mientras que en el trabajo realizado por Iannacone et al. (2021), en el que se analizaron diferentes peces marinos no se reportaron diferencias significativas entre hembras y machos, en relación con el número de MP encontrados en el tracto digestivo.

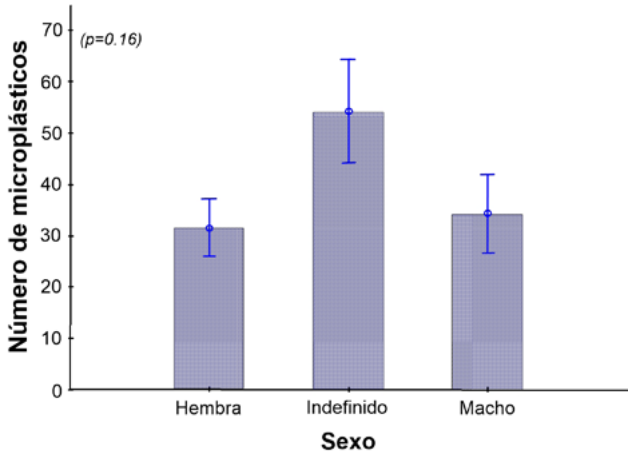
Según Hastuti et al. (2019), el rango de tamaño de los MP fue de < 20 a 3 000 µm, mientras que en este trabajo el de mayor tamaño llegó casi a los 4 000 µm. De igual manera, establecieron que no existió correlación entre el sexo del individuo y la cantidad de microplásticos ingeridos y el peso corporal total, la longitud corporal total, la longitud del tracto digestivo, el peso del contenido digestivo, la altura de la boca y la longitud de la

Gráfica 1.1. *Tamaño de microplásticos (µm) en relación con el sexo de M. cephalus*



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 1.2. *Cantidad de microplásticos encontrados en estómagos de M. cephalus en relación con los sexos*



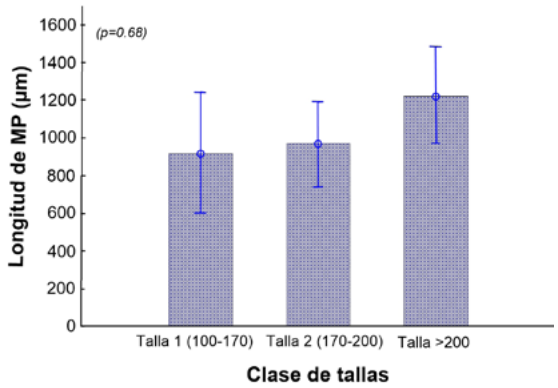
Fuente: elaboración propia.

boca. De la misma manera, de acuerdo con Zhang et al. (2020), en un estudio que se realizó en el sur de China con *M. cephalus* y *Konosirus punctatus*, no fue muy clara la relación entre la longitud total del organismo y la abundancia de MP presentes en el tracto digestivo. Esto es similar a lo reportado por Nunes et al. (2021), quienes mencionan que no hubo efecto

en la longitud total y el peso del tracto digestivo en relación con la cantidad de MP ingeridos por *M. cephalus* en un estudio realizado en Brasil.

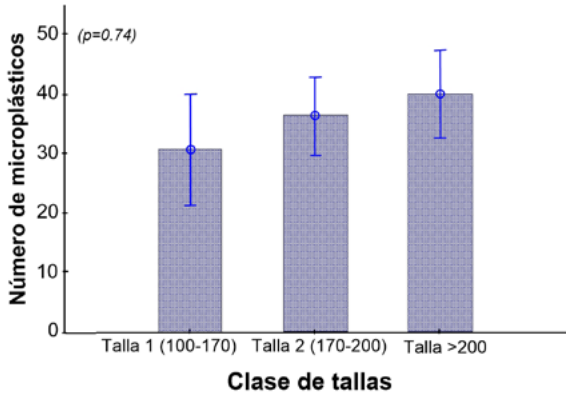
Al analizar la longitud de los MP (µm) en relación con las tallas de los organismos (g), se encontró que en la talla 3 (>200) fue donde se encontraron los MP de mayor longitud, llegando a los casi 1 800 µm (gráfica 1.3). En cuanto a la cantidad de MP, se puede observar que de igual manera en la talla 3 (>200) fue donde se encontró la mayor cantidad de MP (gráfica 1.4).

Gráfica 1.3. *Longitud de los MP (µm) en relación con el peso de los organismos (g) en M. cephalus*



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 1.4. *Cantidad de MP en relación con el peso de los organismos (g) en M. cephalus*



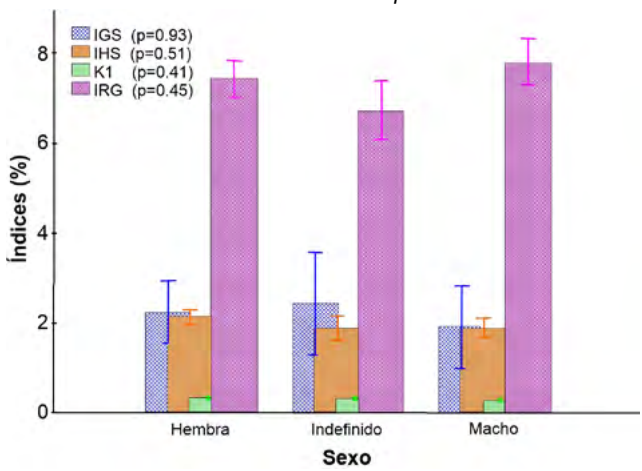
Fuente: elaboración propia.

Con esto podemos confirmar que no existe relación entre la talla del organismo y la cantidad de MP ingeridos.

Índices morfofisiológicos

En la siguiente figura se muestran los promedios de los índices morfofisiológicos (índice gonadosomático, hepatosomático, repleción gástrica y factor de condición) de cada sexo: hembras, machos e indefinidos. Se puede observar que en el IRG fue muy similar entre los 3 sexos, manteniéndose en un rango de 7-8%. En cuanto al IGS se puede notar una clara diferencia entre las hembras y los machos, lo cual puede indicar que las gónadas de las hembras estaban en etapa de madurez (gráfica 1.5).

Gráfica 1.5. *Índices morfofisiológicos (IGS, IHS, K1, IRG) en comparación con los sexos de M. cephalus*



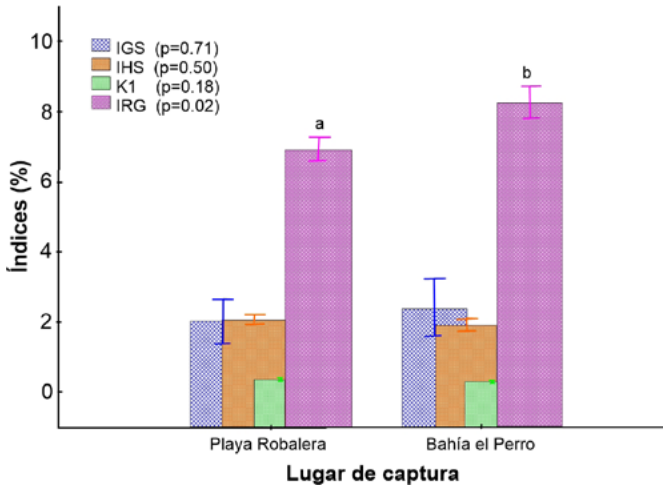
Fuente: elaboración propia.

Relación de índices morfofisiológicos con los sitios de muestreo

Se puede ver que el índice que mostró diferencias significativas fue el índice de repleción gástrica (IRG) con un valor de $p = 0.022986$; se observó que en bahía El Perro fue mayor el contenido de microplásticos en los estóma-

gos en comparación con los organismos de la playa La Robalera. En relación con los índices hepatosomático, gonadosomático y factor de condición no se presentaron diferencias significativas (gráfica 1.6).

Gráfica 1.6. *Relación de índices morfofisiológicos (IGS, IHS, K1, IRG) con los sitios de muestreo (playa La Robalera y bahía El Perro) en M. cephalus*



Fuente: elaboración propia.

Índice gonadosomático (IGS)

El mayor valor que se presentó dentro del índice fue de 10.6, mientras que el menor fue de 0, ya que las gónadas estaban tan pequeñas que no se pudieron pesar, lo cual da un promedio total de 2.2, afectando, por lo tanto, el resultado. Sin embargo, el valor más alto concuerda con el de Ibáñez y Colín (2014), ya que a pesar de que su IGS osciló de 5.81 a 21.87, el promedio fue de 10.71 en *M. cephalus*. De acuerdo con Kurma y Ramesh (2016), los valores fueron considerablemente bajos (0.32 a 3.8) de febrero a septiembre, con el valor más bajo en el mes de marzo. Durante este mes las gónadas están en condición gastada ya que se sabe que los peces desovan a partir de enero adelante. El desarrollo de las gónadas en las hembras comienza a partir de octubre y el índice gonadosomático osciló entre el 8.1 y el 11.5 por ciento de octubre a enero. El valor máximo se registró en diciembre.

Índice hepatosomático (IHS)

El valor promedio que se presentó en todos los sexos fue de 2.0, sin embargo, fue en las hembras donde se presentó el valor más alto (2.2) de entre los demás sexos. De acuerdo con Ben et al. (2012) en un estudio que se realizó en Túnez con *M. cephalus* y *Dicentrarchus labrax*, se estableció que el IHS fue de 2.90 y 1.10, respectivamente, en lisa y lobina colectadas en la laguna de Bizerta. En el mar Mediterráneo, el IHS fue de 1.50 y 0.50, respectivamente, en la lisa y la lobina, por lo que los resultados concuerdan con los de este estudio. Álvarez-Sánchez et al. (2020) reportaron en su estudio realizado en la laguna costera de Ceuta y Navachiste que el IHS osciló entre 0.85 y 1.45 respectivamente, lo cual también se acerca a los resultados presentados en este proyecto.

Índice de repleción gástrica (IRG)

El mayor valor que se presentó fue de 11.33 en machos, sin embargo, el promedio que se presentó de todos los sexos fue de 7.4. De acuerdo con Eggold y Motta (1992), las clases medianas (2-4) tuvieron los mayores valores del IRG, siendo estos de 17.59, 22.67 y 17.52, respectivamente. Sin embargo, Reyes-Montiel (2011) estableció que el índice de repleción gástrica mostro diferencias significativas *($p < 0.05$)* durante marzo 2010 a febrero 2011. Se registró un valor máximo de 11.4 entre mayo-junio y un valor mínimo de 3.8 entre noviembre-diciembre, por lo que estos valores se aproximan más a los presentados en este proyecto.

Factor de condición K_1

El mayor valor que se presentó fue de 1.91, mientras que el menor fue de 0.76, con un promedio de 1.0. Esto coincide con lo establecido por Reyes-Montiel (2011) en donde el factor de condición mostró diferencias significativas $p < 0.05$ registrando un valor máximo de 1.06 entre noviembre-diciembre. Según Edet et al. (2015), el factor de condición determinado para

210 ejemplares de *M. cephalus* del estuario del río Cross osciló entre 1.12 para peces con longitud estándar (SL-cm) de 17.0 cm y peso total (TW-g) de 55.0 g a 2.46 para peces con una longitud estándar (SL-cm) de 12.0 cm y un peso total (TW-g) de 42.5 g con una media y un error estándar de 1.87 ± 0.023, por lo que los resultados sí coinciden con los presentados en este proyecto.

Referencias

Álvarez-Sánchez, A. R., Méndez-Martínez, Y., Reyes-Pérez, J. J., Romo-Quiñonez, C. R. y Hernández-Zárate, G. (2020). Nematode parasites in the striped mullet *(Mugil cephalus* Linnaeus, 1758) in the southern Gulf of California. *Latin American Journal of Aquatic Research, 48*(1), 106-113. https://www.lajar.cl/index.php/rlajar/article/view/vol48-issue1-fulltext-2326

Battaglia, P., Pedà, C., Musolino, S., Esposito, V., Andaloro, F. y Romeo, T. (2016). Diet and first documented data on plastic ingestion of *Trachinotus ovatus* L. 1758 (Pisces: Carangidae) from the strait of Messina (central Mediterranean Sea). *Italian Journal of Zoology*, *83,* 121-129. https://doi.org/10.1080/11250003.2015.1114157

Ben Ameur, W., De Lapuente, J., El Megdiche, Y., Barhoumi, B., Trabelsi, S., Camps, L. y Borras, M. (2012). Oxidative stress, genotoxicity and histopathology biomarker responses in mullet *(Mugil cephalus)* and sea bass *(Dicentrarchus labrax)* liver from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Marine Pollution Bulletin, 64*(2), 241-251. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.11.026

Bucol, L. A., Romano, E. F., Cabcaban, S. M., Siplona, L. M. D., Madrid, G. C., Bucol, A. A. y Polidoro, B. (2020). Microplastics in marine sediments and rabbitfish *(Siganus fuscescens)* from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, *150*, 110685. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110685

Cole, M., Coppock, R., Lindeque, P. K., Altin, D., Reed, S., Pond, D. W., Sørensen, L., Galloway, T. S. y Booth, A. M. (2019). Effects of nylon microplastic on feeding, lipid accumulation, and moulting in a coldwater copepod. *Environmental Science y Technology, 53*(12), 7075-7082. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01853

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. y Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *62*, 2588-2597.

Cheung, L. T. O., Lui, C. Y. y Fok, L. (2018). Microplastic contamination of wild and captive flathead grey mullet *(Mugil cephalus). International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*(4). https://doi.org/10.3390/ijerph15040597

Davison, P. y Asch, R. G. (2011). Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Marine Ecology Progress Series, 432*, 173-180. https://doi.org/10.3354/meps09142

Delgado, O. (2019). *Implicaciones de la exposición a microplásticos en salud humana. Departamento de Radiología y Medicina Física*. Universidad de Granada.

Edet, A. P., Eyo, V. O. y Ikechukwu, C. C. (2015). Feeding ecology, length-weight relationship and condition factor of *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae; Linnaeus, 1758) from cross river estuary, Nigeria. *European Academic Research, 2*(12).

Eggold, B. T. y Motta, P. J. (1992). Ontogenetic dietary shifts and morphological correlates in striped mullet, *Mugil cephalus. Environmental Biology of Fishes, 34*, 139-158.

Galloway, T. S., Cole, M. y Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology y Evolution, 1*(5), 1-8. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116

Galloway, T. y Lewis, C. (2017). Marine microplastics. *Current Biology, 27*(11), 445-446.

Gómez-Ortiz, G. A., González-Cruz y I. Hernández-Tabares. (2006). Lisa y lebrancha en el Golfo de México y Mar Caribe. En F. Arreguín-Sánchez, L. Beléndez-Moreno, I. M. Gómez-Humarán, R. Solana-Sensores y C. Rangel-Dávalos (Eds.), *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo* (pp. 477-502). Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA.

Hastuti, A. R., Lumbanbatu, D. T. y Wardiatno, Y. (2019). The presence of microplastics in the digestive tract of commercial fishes off Pantai Indah Kapuk coast, Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 20*(5). https://doi.org/10.13057/biodiv/d200513

Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M. y Alvariño, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32*(2), e20038. https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038

Ibáñez, A. L. y Colín, A. (2014). Reproductive biology of *Mugil curema* and *Mugil cephalus* from western Gulf of Mexico waters. *Bulletin of Marine Science, 90*(4), 941-952. https://doi.org/10.5343/bms.2014.1004

Ibáñez-Aguirre, A. L., Gallardo-Cabello, M. y Chiappa-Carrara, X. (1999). Growth analysis of striped mullet, *Mugil cephalus,* and white mullet, *M. curema* (Pisces: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin, 97*(4), 861-872.

Kurma Rao, R. y Ramesh Babu, K. (2016). Reproductive biology of the flathead grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) from Krishna Estuarine Region, East Coast of Andhra Pradesh. *India International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*,*4*(6), 483-488.

McGoran, A. R., Clark, P. F. y Morritt, D. (2017). Presence of microplastic in the digestive tracts of European flounder, *Platichthys flesus,* and European smelt, *Osmerus eperlanus,* from the river Thames. *Environ Pollut, 220*, 744-751. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.078

Nadal, M. A., Alomar, C. y Deudero, S. (2016). High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue *Boops boops* (L.) around the Balearic Islands. *Environmental Pollution, 214*, 517-523. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.054

Nunes, L. S., Silva, A. G., Espinola, L. A., Blettler, M. C. M. y Simoes, N. R. (2021). Intake of

microplastics by commercial fish: A Bayesian approach. *Environ Monit Assess, 193*(7), 402. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09156-1

Oliver, S. C. (1943). Catálogo de los peces marinos del litoral de Concepción y Arauco. *Boletín Sociedad de Biología de Concepción, 17*,75-126.

Reyes-Montiel, N. J. (2011). *Concentración de plaguicidas organoclorados y condición fisiológica de Mugil cephalus en el Coloradito, Guasave, Sinaloa* [Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional.

Romeo, T., Pietro, B., Peda, C., Consoli, P., Andaloro, F. y Fossi, M. C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin, 95*, 358-361. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.048

Saleh, M. A. (2009). Mugil cephalus *(Linnaeus, 1758) [Mugilidae]*. FAO.

Sánchez, A. (2021, 18 de septiembre). Día mundial de las playas: Urgen a regular los microplásticos. *La Jornada Maya*.

Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., … y Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical transactions of the royal society B. Biological sciences, 364*(1526), 2027-2045. https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284

Urbanek, A. K., Rymowicz, W. y Mirończuk, A. M. (2018). Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats. *Applied Microbiology Biotechnology, 102*, 7669-7678. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9195-y

Wang, F., Shih, K. M. y Li, X. Y. (2015). The partition behavior of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanesulfonamide (FOSA) on microplastics. *Chemosphere, 119*, 841-847. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.08.047

Wang, Y. L., Lee, Y. H., Chiu, I. J., Lin, Y. F. y Chiu, H. W. (2020). Potential impact of plastic nanomaterials and micromaterials on the food chain and human health. *International Journal of Molecular Sciences, 21*, 17-27. https://doi.org/10.3390/ijms21051727

Wright, S., Thompson, R. y Galloway, T. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution, 178*, 483-492.

2. Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en el norte de Sinaloa

Eileen Payán Urías[1]
Alejandra Valenzuela García[2]
Apolinar Santamaría Miranda[3]
Juan Pablo Apún Molina[4]
Martín Armando Román Vega[5]
Máximo García Marciano[6]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.02

Resumen

Los parámetros hematológicos se utilizan en la determinación del estado fisiológico y nutricional, el estado de salud y el equilibrio metabólico en los peces, tanto de vida silvestre como de cultivos intensivos acuícolas, y adquieren importancia en la valoración de las condiciones ambientales y el diagnóstico de enfermedades. Las variaciones de los parámetros bioquímico-hematológicos presentadas en los niveles de glucosa, colesterol, triglicéridos y proteínas en este estudio no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre sitios de captura, pero sí diferencias significativas ($p < 0.05$) en proteínas y triglicéridos en relación con la estación del año, toda vez que se

[1] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5013-9292
[2] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9228-9232
[3] Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8335-1460; asantama@ipn.mx
[4] Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9006-8882
[5] Doctor en Sustentabilidad. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0028-3771
[6] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6530-5954

observan valores altos en primavera en organismos de mayor peso, lo cual coincide con la época reproductiva de *M. cephalus*. Se sugiere que dichos parámetros sean utilizados como indicadores y valores de referencia del estado de salud poblacional de la lisa, los cuales son de importancia en el manejo sostenible de su pesquería.

Palabras clave: *estado de salud, bioquímica sanguínea, norte de Sinaloa, Mugil cephalus.*

Introducción

La lisa *Mugil cephalus* es una especie marina costera, eurihalina, habita hasta los 40 m de profundidad, preferentemente sobre fondos arenosos, también penetra en las desembocaduras de los ríos y estuarios llegando a lugares distantes de la costa aproximadamente a los 50 km (Fischer, 1963; Pequeño, 1981; Ruiz y Marchant, 2004). La lisa tiene una alta tolerancia a salinidades (Cardona, 2006). Las larvas y juveniles normalmente se alimentan de zooplancton. Los peces adultos se alimentan principalmente de algas, diatomeas y detritos (Whitefield et al., 2012). Esta especie desova en el mar y sus juveniles migran a una zona de estuario durante o inmediatamente después de la metamorfosis, el crecimiento de los juveniles se realiza principalmente en el área salobre (Fischer, 1963). Los adultos pueden llegar a un tamaño de 55 cm de longitud total (Ruiz y Marchant, 2004). La importancia comercial de esta especie radica en su filete y sus gónadas, esta última es extraída del pez en su ovario original y sometida a un proceso de salazón y secado para obtener un producto que se conoce con diferentes nombres dependiendo de la zona geográfica (Piras et al., 2014). Esta situación ha estimulado fuertemente su captura a través de los años. Por ello la búsqueda del óptimo estado de salud es un desafío permanente de la industria pesquera (Stoskoph, 1990).

Las actividades de origen antropogénico afectan a las poblaciones marinas y costeras no solamente por la pesca, sino en otros aspectos, dañando, en ocasiones irreversiblemente, al ecosistema en cuestión y afectando también el equilibrio y diversidad de las especies en el entorno (De Fon-

taubert et al., 1996). Las variaciones de los parámetros hematológicos, como hematocrito, leucocitos, contenido total de trombocitos y eritrocitos (Valenzuela et al., 2003), pueden utilizarse como indicadores de contaminación y como indicadores fisiológicos de disfunción orgánica por estrés. Asimismo, los niveles de proteínas colesterol, triglicéridos y glucosa (Kori-Siakpere et al., 2005) han sido utilizados como indicadores de los peces, tanto de un medio silvestre como un sistema de cultivo. Sin embargo, la posibilidad de evaluación de estos parámetros depende de la disponibilidad de valores de referencia "normales" de diferentes componentes sanguíneos (De Pedro et al., 2004). En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis hematológico y de bioquímica sanguínea en una población silvestre de *M. cephalus* como indicador de vulnerabilidad, estableciendo relaciones entre la hematología de la especie y la calidad físico-química del agua presente, donde se colectaron los organismos con la finalidad de establecer información básica que contribuya al manejo de su pesquería y su potencial uso en la maricultura.

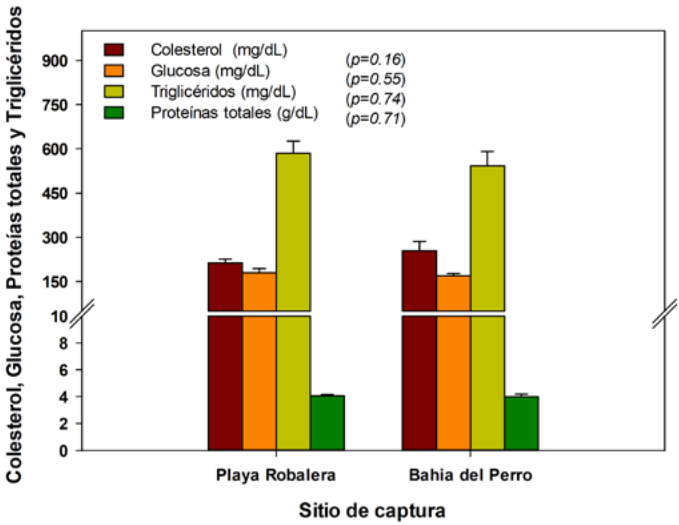
Se realizaron dos muestreos en (primavera y verano) en dos sitios pertenecientes al área costera del municipio de Ahome Sinaloa, México en Las Grullas Margen Derecha, (playa La Robalera y bahía El Perro). A los organismos capturados se les extrajo una muestra sanguínea. Posteriormente, los peces fueron transportados al laboratorio para su disección y posterior análisis bioquímico en plasma (glucosa, colesterol, triglicéridos y proteínas totales) y medición de células sanguíneas de *M. cephalus* utilizando kits comerciales Randox ® y Pointe scientific ®.

Resultados y discusiones

Se capturaron un total de 64 individuos de los cuales 46.8% son hembras, 36% indefinidos y 17.2% machos. Con respecto a las tallas, el valor máximo fue de 35.8 cm y el mínimo de 24.5, mientras que el peso máximo fue 470.8 g y el mínimo de 144.4 g.

Los análisis de varianza de los parámetros bioquímicos sanguíneos por sitio de muestreo no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$) (gráfica 2.1).

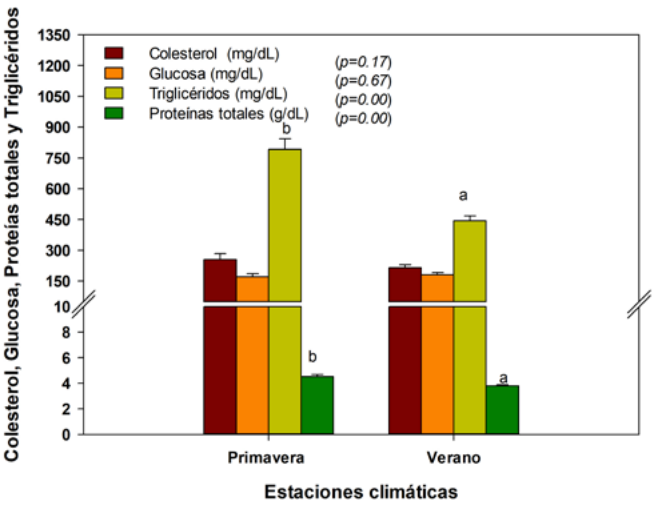
Gráfica 2.1. *ANOVA de los análisis bioquímicos en M. cephalus por sitio muestreado*



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de varianza de los parámetros bioquímicos por estación de muestreo, sí se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$)

Gráfica 2.2. *ANOVA de los análisis bioquímicos en M. cephalus por temporada muestreada*

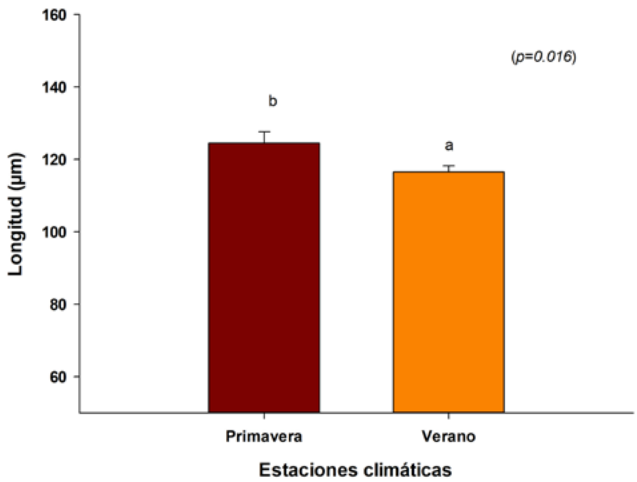


Fuente: elaboración propia.

en las concentraciones de proteínas totales y los triglicéridos (gráfica 2.2). Estudios indican la presencia de estacionalidad en los parámetros hematológicos y de bioquímica sanguínea en peces (De Pedro et al., 2004).

El análisis de varianza para longitudes de los eritrocitos de *M. cephalus* respecto a las dos estaciones muestreadas (gráfica 2.3) mostró una diferencia significativa. Esto puede estar relacionado con las variaciones ambientales de los sitios de captura, la abundancia y la disponibilidad del alimento, debido a que las variaciones de las condiciones a las que se someten los peces también pueden generar diferencias hematológicas (Burton y Murray, 1979; Ranzani-Paiva y Godinho, 1986).

Gráfica 2.3. *ANOVA de las longitudes de los eritrocitos en M. cephalus por temporada*

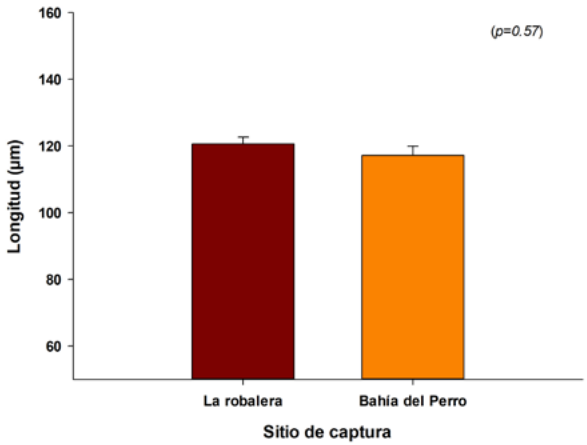


Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis de varianza de las longitudes de los eritrocitos de los organismos por sitio de muestreo (gráfica 2.4) se obtuvo un valor de (p = 0.571) donde no se encontraron diferencias significativas.

Se ha reportado que un gran número de factores intrínsecos y extrínsecos pueden ocasionar variaciones en la data hematológica, que pueden servir para monitorear cambios fisiológicos y patológicos en peces (Alaye-Rahy y Morales-Palacios, 2013). Estas diferencias de triglicéridos por estación pueden deberse a la alimentación. Para el caso de proteínas totales,

Gráfica 2.4. *ANOVA de las longitudes eritrocitarias encontradas en M. cephalus para ambos sitios muestreados*



Fuente: elaboración propia.

estas diferencias podrían atribuirse a los cambios de temperatura, ya que los cambios en la temperatura del agua alteran el requerimiento de proteína en algunos peces (Bezerra et al., 2014; Guijarro et al., 2003).

Referencias

Alaye-Rahy, N. y Morales-Palacios, J. J. (2013). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles del pescado blanco *(Chirostoma estor estor)* cultivados en Pátzcuaro, Michoacán. México. *Hidrobiológica, 23*, 340-347.

Bezerra, S. K., Souza, R. C., Melo, J. F. B. y Campeche D. F. B. (2014). Growth of tambaqui fed with different concentrations of manga and protein meal in feed. *Universidad de Federal de São Carlos, Centro de Ciencias Biológicas e da Saúde, PPGERN, São Carlos, SP, Brazil, 63*(244), 587-598.

Burton, C. B. y Murray, S. A. (1979). Effects of density on goldfish blood, l: Hematology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 62*(3), 555-558.

Cardona, L. (2006). Habitat selection by grey mullets (Osteichthyes: Mugilidae) in Mediterranean estuaries: The role of salinity. *Scientia Marina, 70*, 443-455.

De Fontaubert, A. C., Downes, D. R. y Agardy, R. S. (1996). *Biodiversity in the Seas. Implementing the Convention on Biological Diversity in Marine and Coastal Habitats*. IUCN.

De Pedro, N., Guijarro, A., López-Patiño., Martínez-Álvarez, R. M., Alonso, M., Bedate y

Delgado, M. J. (2004). *Parámetros hematológicos y bioquímicos en la tenca* (Tinca tinca): *Ritmos diarios y estacionales* (Comunicación científica presentada en CIVA 2004).

Fazio, F., Satheeshkumar, P., Senthil, D., Faggio, C. y Piccione, G. (2012). *Un estudio comparativo de la química hematológica y sanguínea de la India y el salmonete italiano* (Mugil cephalus *Linneaus, 1758)*. Central Marine Fisheries Research Institute.

Fischer, W. (1963). Morir Fisches des Brackwassergebietes Lenga bei Concepción (Chile). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 48*, 419-511.

Guijarro, A., Lopez-Patiño, M., Pinillos, M., Isorna, E., De Pedro, N., Alonso-Gómez, A., Alonso-Bedate, M. y Delgado, M. (2003). Seasonal changes in haematology and metabolic resources in the tench. *Journal of Fish Biology*, *62*(4), 803-815

Kori-Siakpere, O., Ake, J. E. G. y Idoge, E. (2005). Haematological characteristics of the African snakehead, *Parachanna obscura*. *African Journal Biotechnology, 4*(6), 527-530.

Pequeño, G. (1981). Los peces de las riberas estuariales del río Lingue, Mehuin, Chile. *Cahiers de Biologie Marine, Roscoff, 22*, 141-163.

Piras, C., Scano, P., Locci, E., Sanna, R. y Cesare, F. (2014). Analysing the effects of frozen storage and processing on the metabolite profile of raw mullet roes using 1H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 71-79.

Ranzani-Paiva, M. J. T. y Godinho, H. M. (1986). Hematological characteristics of curimbatá, Prochi/odus scrofa Sleindachner, 1881 (Osteichthyes, Characiformes, Prochilodontidae) stocked in experimental conditions. *Boletim do Instituto de Pesca, 13*(2), 115-220.

Ruiz, V. H. y Marchant, M. (2004). Ictiofauna de aguas continentales chilenas. *Universidad de Concepción, Chile. Proyecto de Docencia*, (98) 356-356.

Sáez, G., Chero, J., Cruces, C., Minaya, D., Rodriguez, C., Suyo, B., Romero, S., Guabloche, A., Tuesta, E. y Alvariño, L. (2018). Parámetros hematológicos y de bioquímica sanguínea en diez especies de peces marinos capturados por pesquería artesanal en la bahía del Callao, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *29*(4), 1161-1177.

Stoskoph, M. (1990). *Fish medicine*. W. B. Saunders

Valenzuela, A., Oyarzún, C. y Silva, V. (2003). Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot 1848) (Elasmobranchii, Scyliorhinidae): Serie blanca. *Gayana, 67*(1), 130-137.

Whitefield, A. K., Panfili, J. y Durand, J. D. (2012). A global view of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology, and fisheries aspects of this apparent species complex. *Review in Fish Biology and Fisheries, 22*, 641-681.

3. Análisis de la presencia de microplásticos en estómago de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) en playa La Robalera y bahía del Perro, Ahome, Sinaloa

Sarai Guadalupe Rodrigo Ruelas[1]
Apolinar Santamaría Miranda[2]
Pedro Hernández Sandoval[3]
Juan Pablo Apún Molina[4]
Máximo García Marciano[5]
Luis Parmenio Suescún Bolívar[6]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.03

Resumen

Se ha calculado que a nivel global el 80% de la basura en el mar son plásticos. Dado que no se reciclan y se les vierte al medio marino, en donde se exponen al oleaje, salinidad, pH, luz ultravioleta, etc., los plásticos se fragmentan en partículas más pequeñas, como los microplásticos, que alcanzan tamaños entre 5 mm y 100 µm, y se pueden seguir degradando hasta nanoplásticos, menores a 100 nm. Estos micro- y nanoplásticos representan una amenaza para los animales, dado que provocan una ingesta incidental que afecta su crecimiento y reproducción, principalmente. En el presente estudio se encontró un gran número de plásticos en los estómagos de lisas en la playa La Robalera, en la estación de otoño, con una media de 2 625.33 µm, y un

[1] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-5862-9328; correo electrónico: sarairodrigo2000@gmail.com

[2] Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8335-1460; correo electrónico: asantama@ipn.mx

[3] Doctor en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Profesor en la Universidad de Occidente, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7005-4555

[4] Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9006-8882

[5] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6530-5954

[6] Doctor en Ciencias del Mar y Limnología. Profesor-investigador de medio tiempo en la Universidad de Cartagena, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0707-403X

número de 6.0 microplásticos por estómago, al tiempo que los organismos de 23.1 a 28.0 cm consumieron el mayor número de ellos. En relación con el tamaño (µm) de microplásticos por sexo (hembras, machos o indiferenciados), estos fueron mayores en machos, tanto en tamaño, aproximadamente 5.9 µm de longitud, como en número, con 9.8.

Palabras clave: *tamaño, número de microplástico, océano Pacífico, Sinaloa México.*

Introducción

La pesca es una actividad económica importante en México, sin embargo, enfrenta grandes retos principalmente por el asentamiento de comunidades humanas que se establecen en los litorales de los mares mexicanos y de los cuerpos de aguas interiores. En efecto, la presión sobre los recursos como fuentes de alimento y para generar empleos directos e indirectos se ha incrementado notablemente en los últimos años. En México, se incorporó el concepto de enfoque precautorio, en el cual se explicita el papel de la ciencia como elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos naturales bajo la premisa de un aprovechamiento económicamente óptimo, biológicamente sustentable y socialmente aceptado (SADER, 2017).

La lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) se caracteriza por habitar en aguas costeras de la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales, su distribución abarca desde el Atlántico occidental, donde se le encuentra en Nueva Escocia, Canadá, hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México. En el Atlántico oriental habita desde la bahía de Vizcaya (Francia) hasta Sudáfrica, incluyendo el mar Mediterráneo y el mar Negro; por último, en el Pacífico oriental abarca desde el sur de California hasta Chile (FAO, 2006). Pasa la mayor parte de su ciclo biológico en aguas protegidas (estuarios, lagunas y ríos con mareas). Esta especie prefiere fondos fango-arenoso y rocosos, en algunos casos con vegetación densa y se le encuentra desde la orilla hasta 120 m de profundidad (Castro-Aguirre, 1978; López, 1982). La alimentación de las lisas está basada en detrito orgánicos, algas fila-

mentosas, nematodos, anélidos, isópodos, fragmentos vegetales y diatomeas bentónicas (López, 1982). Durante las migraciones de desove, las lisas ingieren poco o nada de alimento (Santiago, 1987), durante el periodo de reproducción, se congregan en cardúmenes para emigrar a la zona pelágica costera a realizar el desove (García, 1982).

El plástico es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial en distintos productos debido a su característica moldeable y ligera. Estas características lo hacen casi indestructible, por lo que desechar plásticos es problemático y afecta negativamente los ecosistemas (UNEP, 2005). Una de las principales formas en que estos contaminantes llegan al medio marino es a través de fuentes continentales, como los ríos, los drenes de desechos urbanos, agrícolas y acuícolas; y los que son directamente colocados en las playas. Sin embargo, existen otras fuentes de entrada de las basuras plásticas hacia los mares y océanos, tal es el caso de los desechos que derivan de distintas actividades marítimas como la pesca y el turismo (Derraik, 2002). El plástico presente en el mar posee diferentes configuraciones químicas, tamaños y formas, pero con el tiempo, el efecto de las olas y los rayos UV, los trozos de plástico flotante comienzan a degradarse en fracciones de menor tamaño, llegando a escalas micro, que pueden acumularse en el sedimento y estar biodisponibles, por su pequeño tamaño, para los organismos bentónicos; los contaminantes orgánicos se les pueden adherir durante su consumo y absorción (Opitz, 2017).

Los plásticos pueden provocar efectos negativos en los organismos marinos, causan lesiones físicas externas, como estrangulamiento, amputación y lesiones internas que causan la muerte (Williams et al., 2011). Algunos de los daños ocasionados por los microplásticos en los peces están relacionados con obstrucciones en las branquias, el tracto digestivo, impresión de saciedad alimenticia y laceración en los tejidos, lo cual limita la ingesta de alimento y disminuyen la actividad locomotora, volviéndolos presas más vulnerables a los depredadores (Sarria, 2016).

La presencia de microplásticos se ha convertido en un problema de carácter mundial, por ello se han realizado diversos estudios enfocados en su presencia en cuerpos de agua, en el tracto digestivo de algunas especies, en arena y sedimentos.

Debido a la falta de eficiencia sobre la gestión y disposición de dichos residuos, estos han logrado convertirse en una amenaza para los ecosistemas y para los organismos. Estos contaminantes y sus componentes no pueden degradarse mediante procesos metabólicos, por lo que se acumulan en el tracto digestivo a través de las cadenas alimenticias, transfiriéndose de un eslabón a otro. Considerando que la especie *Mugil cephalus* constituye un recurso comercial importante para las zonas lagunares del norte de Sinaloa, fue de vital importancia realizar un monitoreo que permitiera conocer si estos organismos presentan contaminación por microplásticos, para contribuir con información básica que permita un manejo sustentable en su pesquería.

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de microplásticos en el estómago de la lisa *Mugil cephalus* en los sitios conocidos como La Robalera y bahía del Perro en Ahome, Sinaloa. Los sitios de muestreos son muy concurridos por bañista, además de que son zonas de pesca. Situada al norte de Sinaloa, La Robalera forma parte de una bahía llamada bahía del Perro.

Se realizaron dos muestreos estacionales, se inició en el mes de diciembre (otoño) del año 2022, y se culminó en febrero (invierno) de 2023, en los dos puntos de muestreos: punto A (La Robalera) y punto B (bahía del Perro). Se capturaron 20 organismos por cada lugar de muestreo en la estación de otoño, en invierno se tomaron 20 organismos del punto A y 13 organismos del punto B. Se verificó que los peces capturados no se encontraran bajo algún *estatus* de protección especial o riesgo de amenaza, asimismo se constató que durante las fechas de captura no hubiera establecimiento de vedas para la especie con la que se estuvo trabajando en la presente investigación. Los peces fueron capturados con una red de enmalle "chinchorro" con 300 metros de largo, 2 metros de ancho, con luz de malla de 2 ¼. Una vez que los organismos fueron capturados, se etiquetaron del 1 al 40 y colocaron en una hielera a baja temperatura (hielo) para disminuir su metabolismo lentamente, hasta llegar a la fase de aletargamiento y lograr, de esta manera, que los organismos muestreados recibieran el manejo más sensible que fuera posible.

Una vez que se obtuvo el total de organismos capturados se procedió a transportarlos al departamento de acuacultura en las instalaciones del Ins-

tituto Politécnico Nacional-CIIDIR Sinaloa, donde se procedió a la toma de datos morfométricos (longitud y talla), disección de los órganos internos para la estimación del peso estomacal, hígado, gónada y determinación de sexo a través de observación directa. Se usaron guantes de nitrilo para la disección y manipulación de los especímenes y para la extracción de los tractos digestivos. Asimismo, el material de disección se limpió entre cada muestra, se limpió el área de trabajo y se evitó en la medida de lo posible el uso de material plástico.

Para la obtención de los microplásticos se llevó a cabo la digestión de los contenidos estomacales, se realizó el siguiente procedimiento: cada estomago se lavó con agua destilada, para desintegrar la materia orgánica se le agrego 30 mL de peróxido de hidrogeno al 50%.

Después de la digestión, se filtraron los restos con una bomba de vacío a través de filtros Whatman #1 0.7 µM con un diámetro de 47 mm; una vez filtrados, cada muestra se colocó en cajas Petri y se secó en un horno (Yamato modelo IC403CWr) a una temperatura de 50 °C por 24 horas.

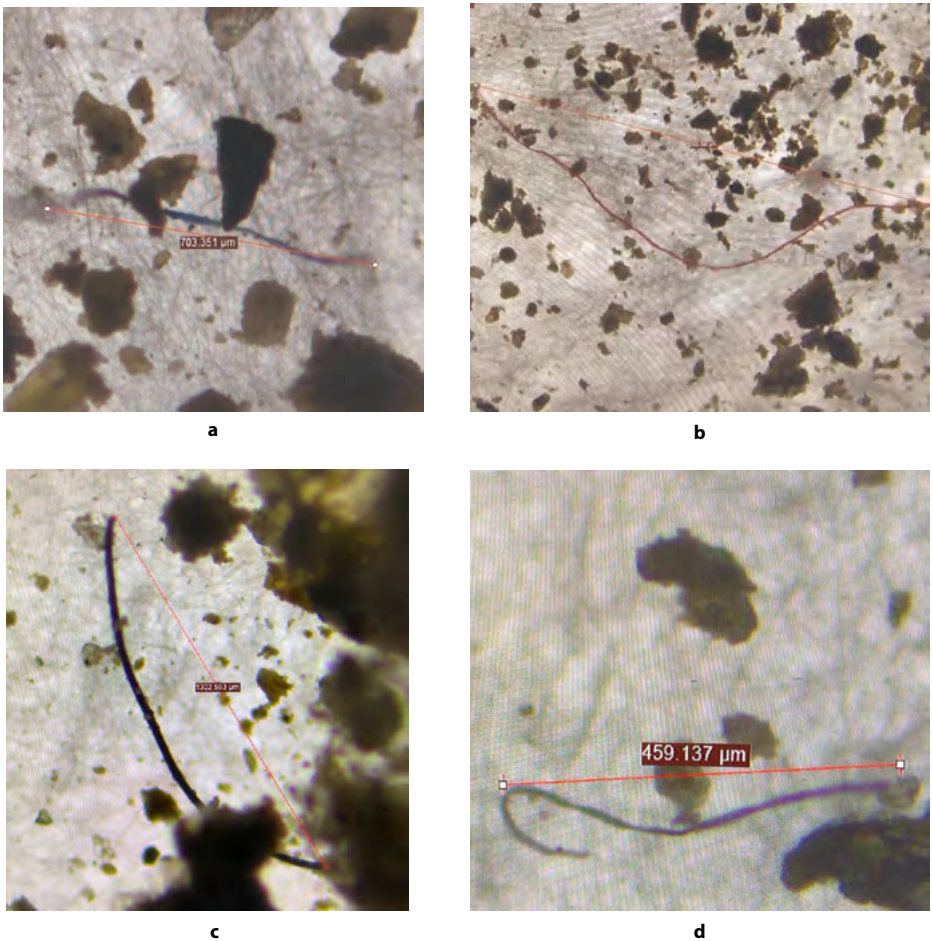
Una vez que los filtros estuvieron secos, se localizaron los microplásticos con un microscopio estereoscopio (Leica modelo DM4000r) con aumento de 4x y una cámara (Leica® modelo DFC450 C) de 5 megapíxeles acoplada a dicho microscopio. Se sobrepuso una escala de 1 000 µm.

Resultados y discusiones

Al revisar los sistemas digestivos de los especímenes se pudo observar e identificar distintos tipos de microplásticos, los cuales se lograron clasificar por colores (figura 3.1).

Al analizar el tamaño de los microplásticos encontrados entre las estaciones climáticas de muestreo se identificó una diferencia considerable entre ellas, se puede observar que el tamaño promedio fue mayor en otoño (gráfica 3.1). Por otro lado, en la gráfica 3.2, se muestra el número promedio de microplásticos por organismo en cada sitio de recolecta, donde se observa que este fue mayor en La Robalera. Los microplásticos de mayor tamaño con respecto a las estaciones climáticas fueron encontrados durante el otoño con una media de 2625.33 µm. Al respecto Mendoza y Men-

Figura 3.1. *Microplásticos en el contenido estomacal de organismos de M. cephalus analizados en las dos estaciones climáticas (otoño e invierno), se clasificaron por colores (a: azul, b: rojo, c: negro y d: lila)*

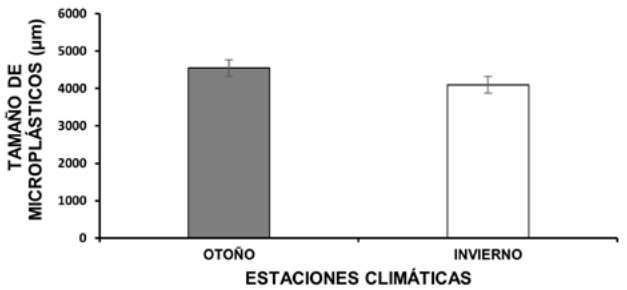


a b c d

doza (2020) reportaron que para los peces *Selene peruviana* predomina el tamaño de microplásticos de 100-200 µm en un 46%, en *Diplectrum conceptione* de 1 000-2 000 µm en un 38% y en *Thunnus alalunga* mayores a 2 000 µm en un 34%. Por su parte, Chota-Macuyama y Chong-Mendoza (2020) obtuvieron resultados similares en un estudio realizado en la ciudad de Iquitos, amazonía peruana, con la especie de pez *Prochilodus nigricans,* donde todas las muestras estuvieron dentro del rango de 400 a 4 390 µm. Al analizar los estómagos de los especímenes se pudieron obser-

var e identificar distintos tipos de microplásticos, y fueron clasificados por colores (a: azul; b: rojo; c: negro; y d: lila).

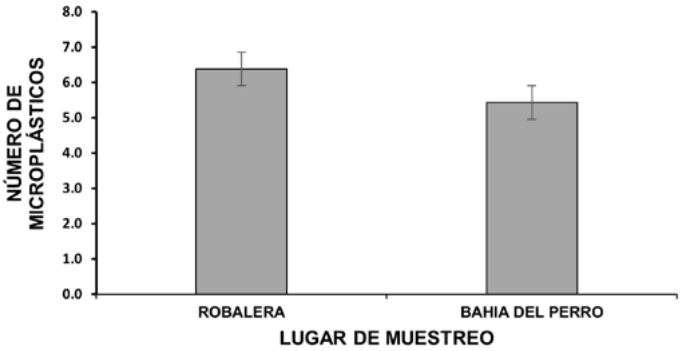
Gráfica 3.1. *Tamaño de microplásticos (µm) encontrados en estómagos de M. cephalus en relación con dos estaciones climática (otoño e invierno). Se muestran valores promedio*



Fuente: elaboración propia.

El mayor número de microplásticos presentes en el contenido estomacal en relación con el lugar de muestreo se encontró en sitio La Robalera con un total de 252, siendo más elevado que lo reportado por Godoy-Balcarel et al. (2020) en un estudio realizado en peces comerciales, con un total de 103 microplásticos, debido a que reciben una alta carga de contaminantes, además de recibir el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Gráfica 3.2. *Número de microplásticos presente en el contenido estomacal en M. cephalus en relación con el lugar de muestreo, se muestran los valores promedio*

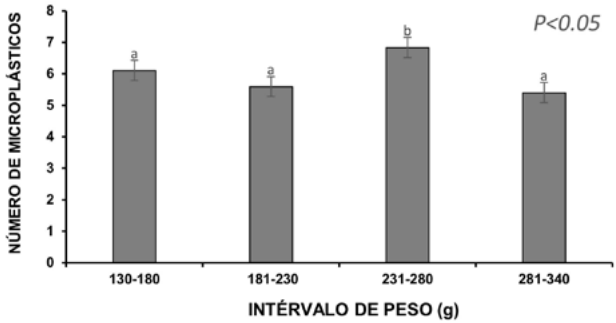


Fuente: elaboración propia.

Al analizar el número de MP en relación con el peso de los organismos se encontró que en el intervalo 231-280 g fue donde hubo mayor cantidad. No se observó una relación directa ni inversa entre peso (g) y número de MP (gráfica 3.3). La presencia de microplásticos en el contenido estomacal respecto al peso del organismo fue mayor en organismos con peso de 231-280 gr; sin embargo, se observaron diferencias significativas en el factor de condición en relación con el número de microplásticos. Este resultado fue similar a lo reportado por Mizraji et al. (2017), quienes registraron una relación negativa, es decir, mientras aumenta el número de microplásticos disminuye el factor de condición. Iannacone et al. (2021) no reportaron diferencias significativas en la mayoría de las especies de peces marinos, respecto al peso y la longitud total de los peces con la cantidad de microplásticos en el tracto digestivo. Sin embargo, Mazariegos-Ortíz et al. (2021) encontraron en *Gobionellus microdon* una correlación negativa entre el factor de condición y el número de microplásticos, pero no para el caso del peso y la longitud total. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Foekema et al. (2013), quienes estudiaron seis especies de peces y únicamente en una se apreció la disminución del factor de condición en relación con el número de microplásticos. Estos resultados son importantes ya que hasta el momento no hay evidencia que permita confirmar que los microplásticos estén afectando el factor de condición de los peces. Por otro lado, en organismos con tallas pequeñas es difícil observar el efecto de los microplásticos en el factor de condición (Morgana et al., 2018), pero se debe profundizar más sobre cómo están afectando, ya sea bloqueando el proceso de digestión intestinal o causando una falsa saciedad. Cabe mencionar que el factor de condición es un índice que no sólo indica la condición de un animal, sino también que está relacionado con el peso y la longitud total.

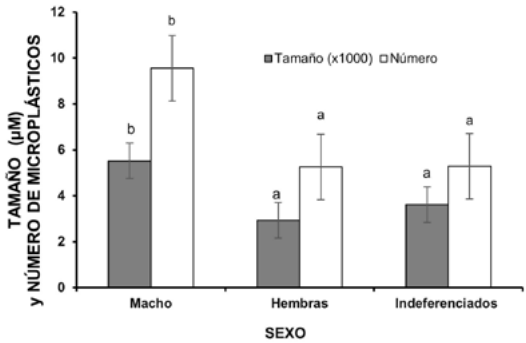
En la gráfica 3.4 se puede observar una relación entre el sexo de los organismos respecto al tamaño y número de MP, siendo los machos donde se encuentran en mayor número y tamaño. El tamaño y número de microplásticos mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al sexo de los organismos, siendo mayor en los machos y, en segundo lugar, las hembras, lo cual difiere a lo reportado por Iannacone et al. (2021) en un estudio realizado en peces marinos, donde no observaron diferencias signifi-

Gráfica 3.3. *Se muestra el valor promedio del número de microplásticos en el contenido estomacal en M. cephalus en relación con el peso del organismo*



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3.4. *Tamaño de microplásticos (µm) y número de microplásticos en relación con el sexo del organismo en M. cephalus*



Fuente: elaboración propia.

cativas entre hembras y machos en relación con las medidas biométricas con el número de partículas de microplásticos.

Referencias

Castro-Aguirre, J. L. (1978). Catalogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográfico y ecológicos. *Serie Científica, 19*, 1-290.

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [Conapesca]. (2018, mayo 18). *Mayor vigilancia de Conapesca en las zonas pesqueras de Sinaloa*. Gobierno de México https://www.gob.mx/conapesca/articulos/mayor-vigilancia-de-conapesca-en-las-zonas-pesqueras-de-sinaloa-157562.

Chota-Macuyama, W. y Chong-Mendoza, J. (2020). Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonía peruana. *Folia Amazónica, 29*(2), 179-188. https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521

Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin, 44*, 842-852. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5

Foekema, E. M., De Gruijter, C., Mergia, M. T., Van Franeker, J. A., Murk, A. J. y Koelmans, A. A. (2013). Plastic in North Sea fish. *Environmental Science and Technology, 47*(15), 8818-8824. https://doi.org/10.1021/es400931b

García Sandoval, S. (1982). *Evaluación de las capturas de lisa en el NE del Golfo de México. Periodo 1965-1979* (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, Centro de Investigación Pesquera-Tampico.

Global Names Usage Bank. (2015). *Mugil cephalus* Linnæus, 1758 in Global Names Architecture [Base de datos]. Bernice Pauahi Bishop Museum. https://doi.org/10.15468/pwn0bl

Godoy-Balcarcel, B., Ponciano-Nuñez, M., Alpuche-Palma, A., Vera-Quiñones, F. y Mendiola-Campuzano, J. (2020). Identificación de microplástico en el contenido gastrointestinal de peces comerciales. *Revista Iberoamericana de Ciencias, 8*(3), 124-134. http://www.reibci.org/publicados/2021/dic/440 0107.pdf

Gómez-Ortiz, G. A., González-Cruz y I. Hernández-Tabares. (2006). Lisa y lebrancha en el Golfo de México y mar Caribe. En F. Arreguín-Sánchez, L. Beléndez-Moreno, I. M. Gómez-Humarán, R. Solana-Sensores y C. Rangel-Dávalos (Eds.), *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo* (pp. 477-502). SAGARPA, Instituto Nacional de la Pesca.

Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M. y Alvariño, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32*(2). http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038

Ibáñez-Aguirre, A. L., Gallardo-Cabello, M. y Chiappa-Carrara, X. (1999). Growth analysis of striped mullet, *Mugil cephalus,* and white mullet, *M. curema* (Pisces: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin, 97*(4), 861-872. https://www.researchgate net/publication/285682770_Growth_analysis_of_striped_mullet_Mugil_cephalus_and_white_mullet_M_curema_Pisces_Mugilidae_in_the_Gulf_of_Mexico

López, C. J. (1982). *Descripción de la unidad de pesquerías de la lisa* Mugil cephalus *Linnaneus, 1758 y de la lebrancha* Mugil curema Valencinnenes, *1836 del Golfo de México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Mazariegos-Ortíz, C., Xajil-Sabán, M., Blanda, E. y Delvalle-Borrero, D. (2021). Ocurrencia de microplásticos en el tracto digestivo de peces de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Guatemala. *Ecosistemas 30*(2),1-7. https://doi.org/10.7818/ecos.2188

Mendoza Zambrano, M. J. y Mendoza Giler, K. T. (2020). *Presencia de microplásticos en peces pelágicos de mayor comercialización, en el mercado de "Playita Mía" de la ciudad de Manta* [Tesis de Ingeniería]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1327

Mizraji, R., Ahrendt, C., Pérez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., Ojeda, P., Duarte, C. y Galbán Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut. *Marine Pollution Bulletin, 116*, 498-500. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.008

Morgana, S., Ghigliotti, L., Estévez-Calvar, N., Stifanese, R., Wieckzorek, A., Doyle, T. y Garaventa, F. (2018). Microplastics in the Arctic: A case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environmental Pollution, 242*, 1078-1086. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.001

Opitz Burgos, T. S. (2017). Evaluación de los efectos de la contaminación con microplástico, en el balance energético del recurso pesquero *Choromytilus chorus* [Tesis de Maestría]. Universidad de Chile. http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Opitz%20Tania.pdf

Saleh, M. A. (2009). Mugil cephalus *(Linnaeus, 1758) [Mugilidae]*. FAO.

Santiago, Z. A. (1987). *Determinación de la edad y crecimiento de lisa* Mugil cephalus Linnaeus, *en el sistema lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Sarria, R. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 21-27. https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016- 3.pdf

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SADER]. (2017). (2017, 23 noviembre). *¿Cuál es la importancia de la sustentabilidad pesquera?* Gobierno de México https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cual-es-la-importancia-de-la-sustentabilidad-pesquera

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2005). *Making tourism sustainable: A guide for policy makers*. UNEP.

Williams, R., Ashe, E. y O'Hara, P.D. (2011). Marine mammals and debris in coastal waters of British Columbia, Canada. *Marine Pollution Bulletin, 62*(6), 1303-1316. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.029.

4. Valores bioquímicos sanguíneos de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) capturada en el sistema lagunar de Las Grullas Margen Derecha, Ahome, Sinaloa

María José Ruelas Carlón[1]
Apolinar Santamaría Miranda[2]
Juan Pablo Apún Molina[3]
Máximo García Marciano[4]
Magnolia Montoya Mejía[5]
Jesús Arturo Fierro Coronado[6]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.04

Resumen

El perfil bioquímico sanguíneo de vertebrados menores, como los peces, se utiliza con frecuencia para evaluar su estado fisiológico. Conocer dichas variaciones permite detectar alteraciones en la salud, se ha documentado una variación estacional atribuible, principalmente, al estado sanitario, bienestar y condición nutricional de los organismos en el momento del muestreo. En relación con el análisis de glucosa se presentaron diferencias significativas en la estación de otoño con valores de 86 $mg \cdot dL^{-1}$, las concentraciones de proteínas totales, triglicéridos y lactato fueron más altas en invierno con valores de 50 $g \cdot dL^{-1}$, 15.1 $mg \cdot dL^{-1}$ y 45 $mg \cdot dL^{-1}$, respectiva-

[1] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-8965-0735; correo electrónico: mruelasc2400@alumno.ipn.mx
[2] Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8335-1460; correo electrónico: asantama@ipn.mx
[3] Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9006-8882
[4] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6530-5954
[5] Doctora en Biotecnología. Profesora-investigadora en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3406-8308
[6] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Profesor-investigador en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORICID: https://orcid.org/0000-0001-6530-5954

mente, mientras que los lípidos totales alcanzaron su máximo en otoño con 90 mg·dL^{-1}. Estos resultados evidencian una marcada variación estacional y sugieren que en invierno la lisa *M. cephalus* presenta una mejor condición fisiológica en el norte de Sinaloa.

Palabras clave: *indicadores fisiológicos, hematología, bienestar animal.*

Introducción

La lisa *Mugil cephalus* es una especie de pez ampliamente distribuida en aguas costeras y estuarios de todo el mundo. Perteneciente a la familia Mugilidae, habita aguas protegidas, como lagunas costeras, estuarios y bahías, particularmente en fondos lodosos-arenosos. De hábitos mayoritariamente diurnos, los adultos se alimentan de detritos, microalgas y organismos bentónicos (Blaber, 1997; Tung, 1981), mientras que los juveniles consumen zooplancton (Kottelat y Freyhof, 2007). Durante el periodo reproductivo las lisas se desplazan en cardúmenes a la zona pelágica costera para desovar (Ramos-Santiago et al., 2010), en aguas templadas y tropicales (Allen y Robertson, 1998; Robins y Ray, 1986). Se Trata de una especie gonocórica sin dimorfismo sexual visible, alcanzan la madurez entre el cuarto y sexto año de vida (García, 1980). Durante el periodo de reproducción, esta especie presenta un desove total y un desarrollo gonadal sincrónico por cohorte. De acuerdo con McDonough et al. (2003), son organismos muy fecundos; cada hembra puede liberar entre 0.8 y 2.6 millones de huevos en un único desove (McDonough et al., 2005; Tung, 1981).

Esta especie es de gran importancia tanto desde un punto de vista ecológico como económico, pues desempeña un papel clave en los ecosistemas y sostiene pesquerías comerciales y recreativas en numerosas regiones costeras. Su carne es rica en proteínas y en nutrientes esenciales, lo que contribuye a la seguridad alimentaria de las poblaciones locales. Además, al ser un recurso relativamente económico, la pesca de la lisa representa una fuente de ingresos para los pescadores mediante la venta de pescado entero fresco o congelado, debido a su exportación o su uso como carnada en las pesquerías de jaiba, tiburón y huachinango. Se apro-

vechan principalmente su carne y sus gónadas, cuyo producto comercial denominado "hueva de lisa" alcanza precios elevados que pueden triplicar el valor del pescado y generar ingresos significativos para las comunidades ribereñas (Ramos-Santiago et al., 2010). México figura entre los diez países con mayor producción de mugílidos a nivel mundial (FAO, 2009). La lisa ocupa el lugar 18 en volumen de captura, pero en cuanto a valor económico se sitúa en el puesto 30 (SAGARPA, 2021). Desde los años 80 la captura de *M. cephalus* ha mostrado fluctuaciones: entre 1987 y 2000 se obtuvieron en promedio 7 009 t anuales, con un máximo de 8 738 t en 1990; posteriormente el promedio descendió a 4 602 t hasta 2014 (Conapesca, 2014).

Comprender su biología y fisiología es esencial para la gestión sostenible de sus poblaciones y la conservación de los ecosistemas acuáticos. En Sinaloa, la lisa constituye el tercer recurso pesquero artesanal en valor económico a nivel nacional. Por ello, resulta de suma importancia contar con indicadores de condición biológica que permitan evaluar la estructura y función de sus órganos y tejidos, el estado de salud, la adaptación al medio y la respuesta a factores externos. Estos indicadores pueden obtenerse mediante análisis bioquímicos sanguíneos, los cuales facilitan el monitoreo del funcionamiento de sus órganos y la evaluación del impacto ambiental sobre el metabolismo.

El objetivo de este trabajo fue conocer el estado de salud de las lisas mediante parámetros bioquímicos sanquíneos obtenidos en dos campañas de muestreo (otoño e invierno) en el sistema lagunar Las Grullas Margen Derecha, Sinaloa, México. Se muestrearon dos sitios: playa La Robalera (25° 55' N, 109° 25' O) y bahía El Perro (25° 47' N, 109° 23' O), capturándose 40 organismos en la primera campaña y 33 en la segunda. Una vez capturados los peces, se les realizó la extracción de sangre mediante la punción directa al corazón, y las muestras se transportaron al Laboratorio de Diagnóstico Patológico y Fisiológico y Calidad Reproductiva de Peces, Moluscos y Crustáceos del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR Sinaloa). En el laboratorio se separaron el plasma, las proteínas, se cuantificaron mediante el método de Bradford (1976), y los triglicéridos, glucosa, lactato y lípidos mediante kits comerciales RANDOX®. Los datos se expresaron como media ± error estándar y se analizaron con ANDEVA ($\alpha = 0.05$); cuan-

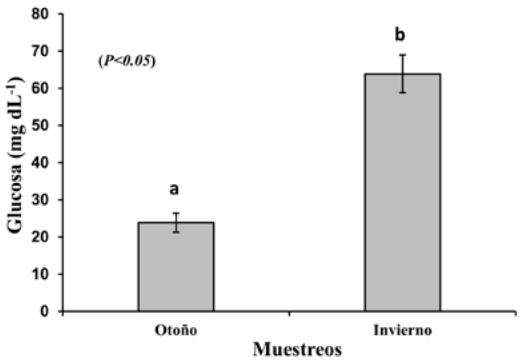
do procedió, se aplicó la prueba de Tukey HSD para la comparación de medias en el software Statistica v. 7.

Resultados y discusiones

Los análisis bioquímicos realizados, que incluyeron glucosa, proteínas, triglicéridos, lactato y lípidos, presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las estaciones climáticas, registrándose valores más altos en invierno, excepto los lípidos, que mostraran mayor concentración en otoño. Al respecto Román (2013) menciona que este comportamiento se debe a las altas reservas lipídicas, las cuales se sugiere están acumulándose para la actividad reproductiva en hembras y machos, mientras que en organismos inmaduros, estas reservas se destinan principalmente al crecimiento somático.

La mayor concentración de glucosa observada en invierno (gráfica 4.1) sugiere un nivel de estrés más elevado en los peces. Román (2013) reportó para *Lutjanus peru*, en el Pacífico sur de México, un promedio anual de 60 ± 2.70 mg·dL^{-1}, lo que indica un índice de glucosa relativamente bajo. En contraste, otros estudios en especies como *Piracutus mesopotamicus* Tavares (1999) informan medias cercanas a 90 mg·dL^{-1}; por tanto, los valores registrados para *M. cephalus* confirman una glucemia plasmática comparativamente elevada.

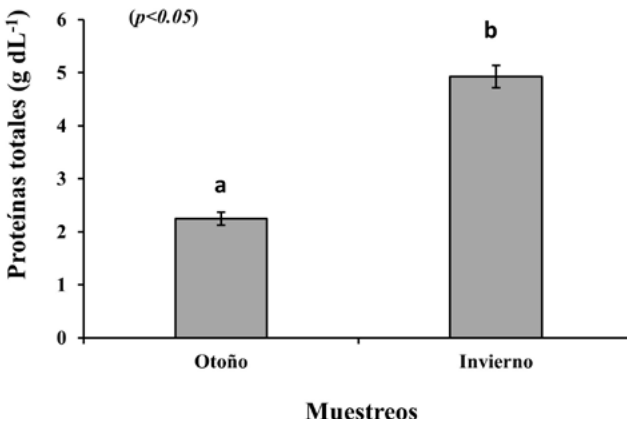
Gráfica 4.1. *Concentración plasmática de glucosa (mg·dL^{-1}) en la lisa M. cephalus durante las estaciones de otoño e invierno, registrada en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha)*



Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencia de la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

En cuanto a proteínas totales, la concentración fue significativamente mayor en invierno (429.5 mg·dL^{-1}) y menor en otoño (214.3 mg·dL^{-1}) ($p < 0.05$) (gráfica 4.2). Este patrón coincide con lo reportado por Román (2013), quien registró los valores más altos de proteínas totales para *Lutjanus peru* en primavera e invierno, y señaló que los requerimientos proteicos tienden a disminuir conforme aumentan la talla y la edad de los peces.

Gráfica 4.2. *Concentración plasmática de proteínas totales en la lisa M. cephalus durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha)*

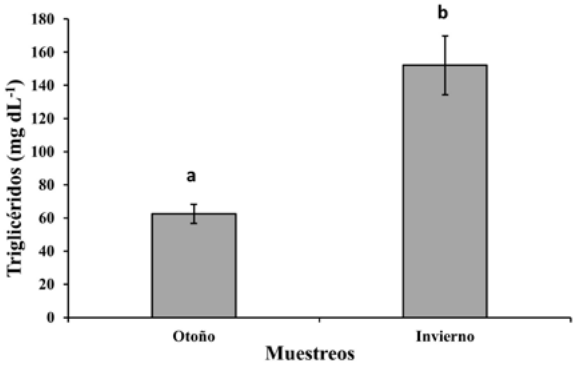


Nota: Letras superiores en las barras indican diferencia de la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

La concentración de triglicéridos fue significativamente mayor en invierno (152.1 mg·dL^{-1}) que en otoño (62.4 mg·dL^{-1}) ($p < 0.05$) (gráfica 4.3). Los triglicéridos se relacionan con el bienestar fisiológico y la condición nutricional de los peces antes y después del periodo reproductivo, pues representan una forma clave de almacenamiento de energía (De Pedro et al., 2005).

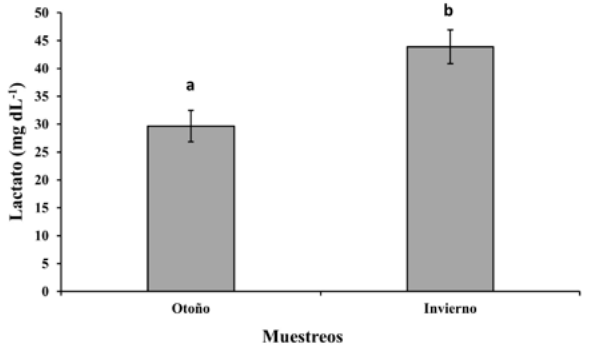
En el análisis de lactato plasmático se registraron diferencias significativas ($p < 0.05$); la concentración fue mayor en invierno (43.8 mg·dL^{-1}) y menor en otoño (29.6 mg·dL^{-1}) (gráfica 4.4). Flores (2022) reportó para la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* concentraciones entre 2.66 y 3.47 mmol L^{-1}, valores que —convertidos a mg·dL^{-1}— resultan inferiores a los observados en el presente estudio.

Gráfica 4.3. *Concentración plasmática de triglicéridos en la lisa M. cephalus durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha)*



Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA.
Fuente: elaboración propia.

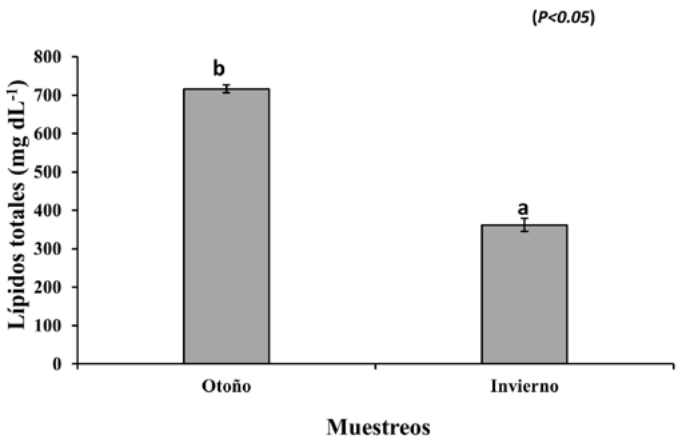
Gráfica 4.4. *Concentración plasmática de lactato en la lisa M. cephalus durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha)*



Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

Los lípidos plasmáticos mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), con la concentración máxima en otoño (898.6 mg·dL^{-1}) y la mínima en invierno (267.9 mg·dL^{-1}) (gráfica 4.5). Román (2013) informó valores promedio de 2.29 ± 0.18 g·dL^{-1} y señaló que los peces incrementan sus reservas lipídicas en otoño para afrontar el invierno, cuando la disponibilidad de alimento disminuye y la temperatura desciende.

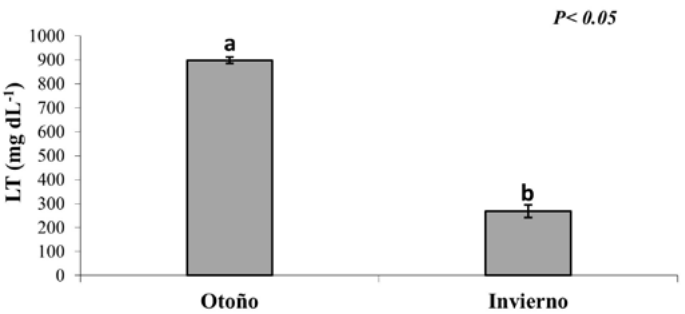
Gráfica 4.5. *Concentración plasmática de lípidos en la lisa M. cephalus durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha)*



Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

Los perfiles de química sanguínea pueden emplearse como bioindicadores rápidos del estado fisiológico, el diagnóstico de patologías y la detección de estrés en peces, ya que responden con sensibilidad a perturbaciones fisiológicas o ambientales (Albanesi et al., 2021). Los valores aquí presentados constituyen el primer registro de referencia para la lisa *Mugil cephalus* en la región.

Gráfica 4.6. *Concentración plasmática de lípidos totales (LT) en la lisa M. cephalus durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha)*



Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α=0.05).
Fuente: elaboración propia.

Referencias

Albanesi, C., González-Castro, M. y López-Mañanes, A. (2021). Entendiendo los estadios ontogenéticos tempranos de *Mugil liza* (Mugilidae): Rasgos morfológicos y perfil digestivo/metabólico de prejuveniles tras el reclutamiento. *Journal of Fish Biology*, *98* (3), 643-654.

Allen, G. R. y Robertson, D. R. (1998). *Peces del Pacífico oriental tropical*. Conabio / Agrupación Sierra Madre / CEMEX.

Blaber, S. J. (1997). *Peces y pesquerías en estuarios tropicales* (vol. 22). Springer Science, Business Media.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72*(1-2), 248-254.

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [Conapesca]. (2014). *Ordenamiento pesquero de lisa* (Mugil cephalus *Linnaeus, 1758) y lebrancha* (Mugil curema *Valenciennes, 1836) en Tamaulipas y Veracruz*. Conapesca

De Pedro, N., Guijarro, A. I., López-Patiño, M. A, Martínez-Álvarez, R. y Delgado, M. J. (2005). Variaciones diarias y estacionales de los parámetros hematológicos y bioquímicos sanguíneos en la tenca, *Tinca tinca Linnaeus,* 1758. *Aquaculture Research*, *36* (12), 1185-1196.

Flores, J. S. O. G. (2022). *Efecto de la temperatura de aclimatación en el crecimiento, perfil sanguíneo y composición de ácidos grasos de la trucha arcoíris* (Oncorhynchus mykiss) [Tesis de Maestría]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

García, S. (1980). *Contribución al estudio de la pesquería de lisa* (Mugil cephalus *L) en la laguna de Tamiahua, Ver., México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Kottelat, M. y Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes* (vol. 13). Kottelat.

McDonough, C. J., Roumillat, W. A. y Wenner, C. A. (2003). Fecundity and spawning season of striped mullet *(Mugil cephalus* L.) in South Carolina estuaries. *Fishery Bulletin, 101*(4). 822-834.

McDonough, C. J., Roumillat, W. A. y Wenner, C. A. (2005). Sexual differentiation and gonad development in striped mullet *(Mugil cephalus* L.) from South Carolina estuaries. *Fishery Bulletin, 103*(4), 601-619.

Ramos-Santiago, E., Gil-López, H., Labastida-Che, A. y Gómez-Ortega, R. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera*, *18*, 79-91.

Robins, C. R. y Ray, G. C. (1986). *Una guía de campo para los peces de la costa atlántica: América del Norte* (vol. 32). Houghton Mifflin Harcourt.

Román Vega, M. A. (2013). Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de la población silvestre del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico Sur de México.

Saleh, M. A. (2009). *Pesca y acuicultura.* FAO. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/es

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2021). *Anuario estadístico de acuacultura y pesca*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

Tung, I. H. (1981). On the fishery biology of the grey mullet *Mugil cephalus* in Taiwan. *Report of the Institute of Fishery Biology of Ministry of Economic Affairs and National Taiwan University*, *3*, 38-101

5. Condición morfofisiológica de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) capturada en el sistema lagunar Las Grullas, Ahome, Sinaloa, México

Máximo García Marciano[1]
Juan Pablo Apún Molina[2]
Apolinar Santamaría Miranda[3]
María José Ruelas Carlón[4]
Mauro Espinoza Ortiz[5]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.05

Resumen

Los índices morfológicos, como el índice gonadosomático (IG), índice hepatosomático (ÍG) y el factor de condición (FC), se utilizan para expresar la dinámica de la utilización de la energía endógena de órganos como las gónadas, hígado y la masa corporal. La variación en el peso del hígado refleja procesos de almacenamiento y transferencia de proteínas y lípidos asociados con la actividad reproductiva. Las variaciones analizadas del factor de condición son indicadores de la energía almacenada como lípidos y proteínas, la cual es movilizada para enfrentar los requerimientos energéticos durante periodos sin alimentación. Durante las dos estaciones del año (otoño e invierno) se presentaron diferencias significativas en el IH y en el índice de repleción gástrica (IRG), así como en los sitios de captura. En relación con el sexo (machos, hembras e indefinidos), se presentaron diferencias signi-

[1] Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6530-5954; correo electrónico: mgarciam1515@alumno.ipn.mx
[2] Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9006-8882
[3] Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8335-1460; correo electrónico: asantama@ipn.mx
[4] Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-8965-0735
[5] Profesor en la Universidad Autónoma de Sinaloa y Posdoctorante en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9970-1736

ficativas en el IRG y el IG respecto al peso (g), también se registraron diferencias significativas entre el IG y el IRG.

Palabras clave: *indicadores fisiológicos, Mugil cephalus, condición animal.*

Introducción

La lisa *Mugil cephalus* es de gran importancia en distintos países como recurso de consumo humano, ya que es uno de los componentes principales de la dieta de comunidades pesqueras cercanas a los sistemas lagunares de las zonas tropicales y subtropicales. Este recurso pesquero es bastante accesible debido a su bajo costo hablando de pescado entero (Ramos-Santiago et al., 2010). Su dieta está compuesta por fango, material vegetal en descomposición y zooplancton, son organismos detritívoros (Saleh, 1999). México es uno de los diez países más productivos de mugílidos en el mundo (Saleh, 2009), y la lisa se encuentra posicionada en el lugar 18 de la producción pesquera en México; sin embargo, por su valor monetario está en el lugar número 30 (SAGARPA, 2021).

Los parámetros morfofisiológicos se han utilizado para determinar el estado fisiológico, nutricional y reproductivo de los peces, conocimiento que ha adquirido gran importancia en la valoración de las condiciones ambientales estresantes y el diagnóstico de enfermedades (Korcock et al., 1988). Actualmente, estos indicadores son herramientas de gran utilidad para conocer el estado de salud, así como el estado reproductivo y el equilibrio metabólico en los peces, tanto de vida silvestre como en cultivos intensivos.

Estos organismos son un recurso de alto valor económico para el sector pesqueros artesanal en Sinaloa, aportando el tercer lugar a nivel nacional. Por ello, es de suma importancia tener referencia sobre la condición morfofisiológica como medida del potencial biológico, estado salud, adaptación al medio ambiente y respuesta a diversos factores externos, lo que nos aporta información acerca de su capacidad de supervivencia y crecimiento. Todo ello lo podemos conocer a través de monitorear el funcionamiento de sus órganos y evaluar el impacto de factores ambientales en su metabolismo, lo que nos da señales e indica su estado fisiológico y posibles altera-

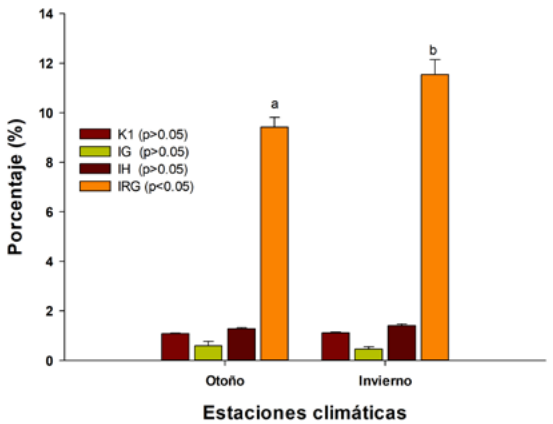
ciones. El objetivo de este trabajo fue evaluar la condición morfofisiológica de la lisa *Mugil cephalus* de dos sitios ubicados en el sistema lagunar Las Grullas y compararlos de acuerdo con las estaciones climáticas de otoño e invierno.

El sistema lagunar se encuentra ubicado al norte del estado de Sinaloa, México. La zona se caracteriza por poseer numerosas isletas, playas de arena y esteros poco profundos en los que se encuentra una alta densidad de manglares, principalmente de las especies del mangle rojo *(Rhizophora mangle),* mangle blanco *(Laguncularia racemosa),* mangle negro *(Avicennia germinans)* y el mangle de botoncillo *(Conocarpus erectus).* De este sistema lagunar se seleccionaron dos localidades de muestreos, los cuales fueron playa La Robalera y bahía El Perro, ubicadas en las coordenadas 25° 55' N, 109° 25' O, y 25° 47' N y 109° 23' O, respectivamente. Los muestreos en campo fueron realizados del 3 de diciembre de 2022 al 8 de febrero 2023, los peces fueron capturados empleando una red de enmalle de 2 ¼ pulgadas (5.715 cm) de altura de malla, 80 metros de largo y 2 metros de alto. El número total de organismos capturados en el primer muestreo fue de 40, mientras que en el segundo fue de 33, estos fueron mantenidos en hielo para ser trasladados al Laboratorio de Diagnóstico Patológico y Fisiológico y Calidad Reproductiva de Peces, Moluscos y Crustáceos en el IPN-CIIDIR, Sinaloa. Para analizar la morfofisiología de la especie se realizaron mediciones de la longitud y peso (biometrías) de cada uno de los organismos. Los peces fueron medidos con una regla de 60 cm y pesados con una báscula digital marca Ohaus 2000. Posteriormente, se realizó la disección con la ayuda de bisturí y tijeras para la extracción de gónadas, hígado y estómago, de los cuales se tomó su peso individual para la determinación del índice gonadosomático (IG), índice hepatosomático (IH), factor de condición (K) e índice de repleción gástrica. Los datos se registraron en una hoja de cálculo, luego fueron procesados en los software Excel y en Statistics (v7.0). Se realizó un análisis de comparación de medias entre sitios de capturas y estaciones climáticas ($\alpha = 0.05$) los resultados se expresaron en media ± error estándar y cuando se presentaron diferencias significativas se aplicó una prueba de Tukey para identificar cada uno de los grupos.

Resultados y discusiones

Los valores del factor de condición (K1), índice gonadosomático (IG) e índice hepatosomático (IH) no presentan diferencias significativas durante las estaciones de otoño e invierno, con excepción del índice de repleción gástrica (IRG) que sí mostró diferencias significativas (gráfica 5.1).

Gráfica 5.1. *Índices morfofisiológicos de M. cephalus por estación de muestreo (otoño-invierno) en el norte de Sinaloa*



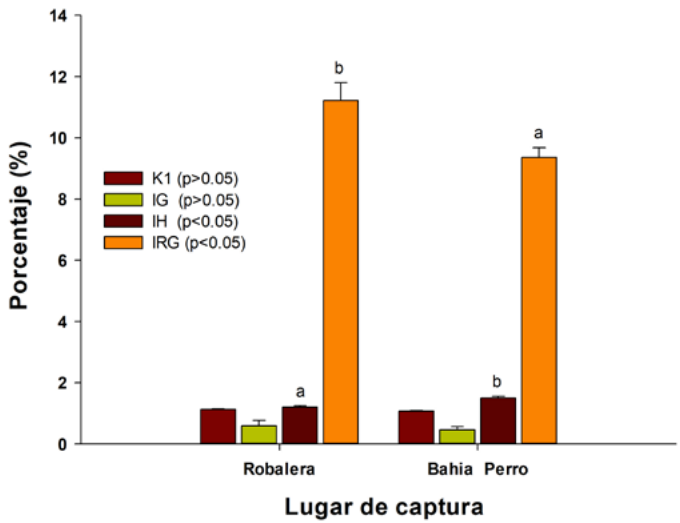
Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

Para el IH, los valores más altos se registraron en la estación de invierno, lo que difiere con lo reportado por Santamaría Miranda et al. (2003), quienes encontraron valores máximos durante la estación de verano (junio, julio y agosto), en la región del Pacífico Sur de México (Guerrero) en la especie de *Lutjanos peru*, señalando que el IH mostró una tendencia descendiente a lo largo del año. Por su parte (Escarrega, 2017) menciona que el hígado determina la cantidad de sustancias almacenadas en el organismo y que guarda una relación con el éxito reproductivo y la supervivencia ante cambios en el ambiente.

Sexos

De acuerdo con el sexo, el K1 e IH no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) durante las dos estaciones, con excepción del IRG e IG que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). El IG fue más alto en los machos (1.10%) que en las hembras (0.48%) o indefinidos (0.04%); el IGR) fue mayor en las hembras (10.76%) que en los machos (9.64%) o los indefinidos (8.57%) (gráfica 5.2).

Figura 5.2. *Índices morfofisiológicos de M. cephalus por sexo (H: hembra, M: macho, I: indiferenciado) en el norte de Sinaloa*



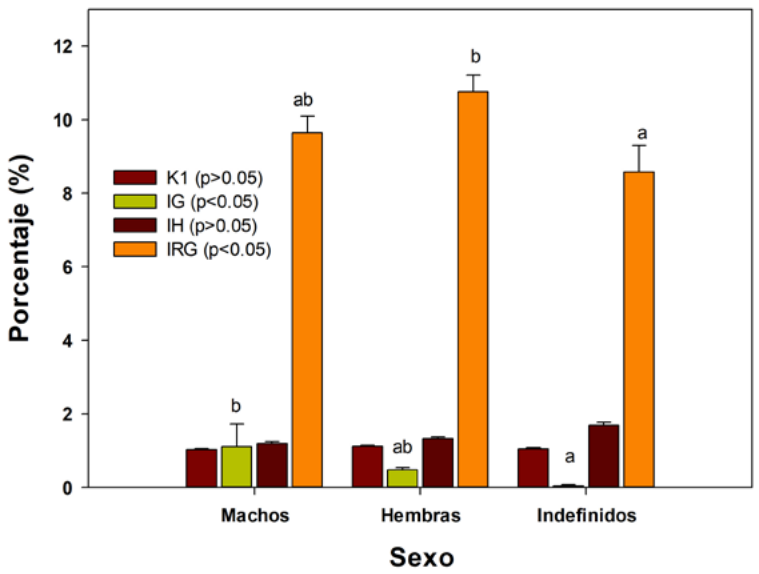
Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

Sitios de captura

De los cuatro indicadores morfofisiológicos evaluados, solo los índices de repleción gástrica y el hepatosomático mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo los valores más altos los de la bahía El Perro (11.2% y 1.5% respectivamente, gráfica 5.3). Para el caso de IRG, el comportamiento fue similar a los resultados que se encontraron en *Lutjanus peru* en los estados

de Oaxaca y Guerrero, donde se registró un mayor índice de repleción gástrica en un área prístina, en comparación con otra no prístina (Román-Vega, 2013).

Gráfica 5.3. *Índices morfofisiológicos de M. cephalus por lugar de muestreo (bahía El Perro y playa La Robalera) en el norte de Sinaloa*

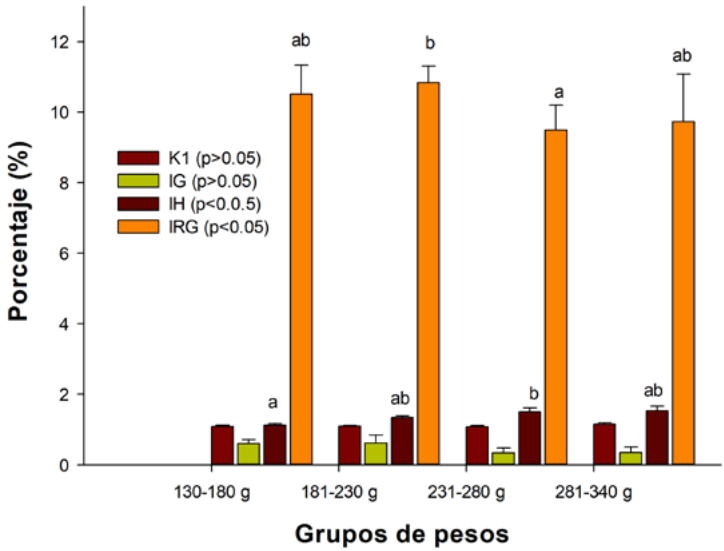


Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

Pesos de los organismos

El análisis de comparación de medias demostró que el factor de condición, índice hepatosomático e índice gonadosomático no mostraron diferencia significativa ($p > 0.05$) de acuerdo con el peso de los organismos, y tampoco se reveló un comportamiento claro de acuerdo con peso de los organismos; mientras que el índice de repleción gástrica sí presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos respecto al peso de los especímenes, pero al igual que los otros índices no mostró un comportamiento claro en relación con el pesos de los organismos (gráfica 5.4).

Gráfica 5.4. *Índices morfofisiológicos de M. cephalus por peso total (peso 1 = 130-180; peso 2 = 181-230; peso 3 = 231-280; peso 4 = 281-340) en el norte de Sinaloa*



Nota: Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA (α = 0.05).
Fuente: elaboración propia.

Referencias

Escarrega, R. J. F. (2017). *Análisis del desarrollo gonadal, mediante pruebas sanguíneas e histológicas en organismos silvestres del pargo* Lutjanus colorado, *en la costa Norte de Sinaloa* [Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional.

Korcock, D. E., Houston A. H. y Gray, J. D. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri Richardson. Journal of Fish Biology, 33*, 319-330.

Ramos-Santiago, E., Gil-López, H., Labastida-Che, A. y Gómez-Ortega, R. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera*, *18*(1), 79-89.

Román-Vega, M. A. (2013). *Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de la población silvestre del huachinango* Lutjanus peru *(Nichols y Murphy, 1922) en el Pacífico Sur de México* [Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional.

Saleh, M. A. (2009). Mugil cephalus *(Linnaeus, 1758) [Mugilidae]*. FAO.

Santamaría-Miranda, A., Elorduy-Garay, J. F., Villalejo-Fuerte, M. y Rojas-Herrera, A. A.

(2003). Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, *51*(2), 489-502.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2021). *Anuario estadístico de acuacultura y pesca*. https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

6. Variación interanual de los parásitos de la lisa *Mugil curema* en la laguna de Tres Palos, Guerrero

Aldo Díaz Gallegos[1]
Juan Violante González[2]
Yesenia Gallegos Navarro[3]
Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez[4]
Flor Ariadna Palacios Atempa[5]
Jonatan Carbajal Violante[6]
Guadalupe Quiterio Rendon[7]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.06

Resumen

La lisa *Mugil curema* es una de las especies más importantes para la pesca artesanal de las costas del Pacífico mexicano. No obstante, la información sobre algunos aspectos importantes de su biología y, en particular, de su parasitofauna en el medio silvestre aún es muy escasa, principalmente en los estados del Pacífico sur, como es el caso de Guerrero. Con el objetivo de examinar los factores bióticos y abióticos que pueden influir en la dinámica interanual de las comunidades de parásitos de *M. curema*, se colectaron y

[1] Maestro en Recursos Naturales y Ecología. Estudiante de doctorado en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-6853-7663; correo electrónico: lic.ecoal@gmail.com
[2] Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6291-8763
[3] Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de investigación adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9366-6162
[4] Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita al Laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8027-608X
[5] Licenciada en Ecología Marina. Estudiante de maestría en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7995-4269
[6] Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-7725-8128
[7] Doctora en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Profesional de proyecto adscrita al Comité de Sanidad Acuícola del estado de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2359-7589

examinaron un total de 668 lisas durante 2003, 2021, 2022 y 2024, en la laguna de Tres Palos, Guerrero.

La parasitofauna de *M. curema* estuvo constituida por 14 especies de parásitos, 3 especies fueron consideradas como *típicas* de las lisas *(Ligophorus mugilinus, Floridocentis mugilis* y *Ergasilus lizae),* por su alta especificidad hospedatoria; mientras que las 11 especies restantes son adquiridas durante su estancia dentro de la laguna. Los grupos de parásitos mejor representados fueron los digéneos y los acantocéfalos (4 especies cada uno). La abundancia de algunas especies de parásitos incrementó de manera significativa con la longitud total del hospedero. La variación interanual en la abundancia de algunas especies de parásitos fue atribuida a cambios en las condiciones ambientales generados por las temporadas de secas y lluvias, los cuales pueden afectar la dinámica de las poblaciones de hospederos intermediarios, así como el comportamiento alimenticio y reproductivo del hospedero. La riqueza de especies de parásitos registrada a nivel componente (8 a 12 especies) fue muy similar a la reportada para esta misma especie en otras localidades del Pacífico mexicano.

Palabras clave: *Mugil curema, parasitofauna, riqueza de especies.*

Introducción

Los peces son considerados los vertebrados que presentan la mayor diversidad de parásitos, debido a que han vivido durante mucho tiempo en estrecha asociación con una amplia variedad de especies de invertebrados, las cuales actúan como hospederos intermediarios (Falkenberg et al., 2022). El parasitismo es facilitado en el medio ambiente acuático, por lo que se incrementan las probabilidades de propagación de las larvas de estos organismos, así como de su reproducción y de la finalización exitosa de sus ciclos de vida (Falkenberg et al., 2022).

La comunidad de parásitos de un hospedero puede ser considerada como representativa del macroambiente en el cual vive el hospedero y del microambiente (hospedero), en el que vive el parásito. Una gran variedad

de factores pueden determinar o influenciar la fauna parasitaria de cualquier especie o grupo de hospedero. Factores como la cantidad de horas de luz solar (duración del fotoperiodo), edad del hospedero, estación del año, alimentación, estado de salud y forma de vida del hospedero, así como de su distribución geográfica, pueden modificar o alterar la fauna parasitaria de una población de hospederos (Centeno et al., 2002). Por lo tanto, uno de los principales objetivos de la ecología de comunidades de parásitos en los últimos años ha sido tratar determinar cuáles son los principales factores que determinan la composición y riqueza de especies en estas comunidades.

Por otra parte, las comunidades de parásitos pueden presentar cambios estructurales tanto espaciales como temporales, relacionados con variaciones estacionales y/o locales de algunos factores bióticos y abióticos. Estos factores pueden cambiar de manera cíclica a lo largo del tiempo, o de forma abrupta en otros casos, afectando la abundancia, distribución espacial y reproducción de las poblaciones de parásitos y de sus hospederos a lo largo del tiempo (Hewitt et al., 2001). Por lo tanto, las poblaciones y comunidades de parásitos pueden responder también a los cambios ambientales y, por tanto, pueden presentar patrones de variación temporal (Zander, 2004). Tanto las características biológicas del hospedero (microambiente), como el ambiente externo (macroambiente del parásito), constituyen los factores principales que estructuran y originan cambios en las poblaciones y comunidades de parásitos (Poulin, 2006). Por otra parte, la estructura y la composición de especies de las comunidades de parásitos pueden experimentar cambios temporales a una pequeña o gran escala de tiempo (estacional o interanual), dependiendo de los cambios en diversos factores ambientales y biológicos relacionados tanto con la ecología de los parásitos como de sus hospederos intermediarios o finales (Kennedy et al., 2006).

La lisa *Mugil curema* es, sin duda, una de las especies más explotada por la pesca ribereña que se practica de manera habitual en las costas del Pacífico mexicano (Salgado-Cruz et al., 2021). La especie presenta una amplia distribución geográfica: en el Pacífico oriental se distribuye desde la costa de California, EUA, hasta Chile y en el Atlántico occidental, desde Cabo Cod, EUA, hasta Brasil, incluido el Golfo de México (Salgado-Cruz et al., 2021). Esta especie pasa la mayor parte de su ciclo de vida en cuer-

pos de agua protegidos, como en el caso de lagunas costeras y estuarios, donde se alimenta de algas microscópicas o filamentosas y organismos planctónicos. Una vez que alcanza el estadio adulto, forma cardúmenes y migra a la zona pelágica costera para desovar (Salgado-Cruz et al., 2021; Santos et al., 2021; Trape et al., 2009).

Debido a la gran importancia económica y ecológica que presenta *M. curema*, se han realizado algunos estudios parasitológicos de esta especie en las costas del Pacífico mexicano. Entre estos destacan el de Lira (1997), quien estudio los parásitos de *M. curema* y *M. cephalus* en la bahía de Chamela Jalisco, México, concluyendo que *M. curema* presentó una muy baja diversidad de especies, debido a la alta dominancia de una larva de heterófido. Fajer-Avila et al. (2006) examinaron un total de 292 especímenes de *M. curema* bimensualmente durante un año, en dos esteros del estado de Sinaloa con diferente impacto antropogénico, registrando un total de siete especies de parásitos y destacando las altas dominancias de una especie de copépodo y de un nematodo. Para el estado de Guerrero, Violante-González y Aguirre-Macedo (2007) y Violante-González et al. (2007) reportaron la parasitofauna de *M. curema* de las lagunas costeras de Coyuca y Tres Palos. Más recientemente, Morales-Martínez et al. (2022) estudiaron los parásitos de este hospedero en la laguna de Chautengo, en tanto que Andrade (2022) reportó varias especies de haplopóridos (tremátodos) para esta lisa en algunas localidades de las costas del estado.

No obstante que la parasitofauna de *M. curema* ya ha sido estudiada en algunas localidades de las costas del estado de Guerrero, no se ha llevado a cabo ningún estudio que examine la dinámica poblacional de sus especies de parásitos a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio fue describir la variación interanual de sus comunidades de parásitos, en la laguna de Tres Palos Gro., con la finalidad de generar información básica que pueda contribuir al desarrollo de su biotecnología de cultivo en Guerrero y otros estados del país, en un mediano plazo.

Localización del área de estudio

La laguna de Tres Palos se encuentra ubicada a 25 km al este del Puerto de Acapulco, se localiza entre los 99° 38' y 99° 47' de longitud Oeste y a los 16° 43' y 16° 48' de latitud Norte. La forma de esta laguna es de subcircular a elíptica, conformada en dos zonas separadas por una península, sus dimensiones son de 16 km de longitud máxima y 6 km en su anchura mayor abarcando una superficie aproximada de 55 km² (5 500 ha) es considerada como una laguna somera y de fondo plano; el 80% en su volumen se localiza a los 3.5 m de profundidad, mientras que el área se reduce un 50% a la misma profundidad. Esta laguna es tipo mixo-oligohalina, con salinidades de 0.5 a 5.0 ups y presenta una gran relación área volumen que facilita la evaporación y una relativa estabilidad ecológica debido a la escasa influencia marina (De la Lanza-Espino et al., 2008; Carpio, 2020).

Colecta y procesado de los peces

La colecta de los ejemplares de *M. curema* se llevó a cabo a partir de las capturas comerciales, que se realizan de manera habitual en la laguna de Tres Palos. Se capturó a los peces empleando redes agalleras, posteriormente se les trasladó hasta el laboratorio de la Facultad de Ecología Marina (UAGRO), donde se procesaron y examinaron en las horas posteriores a su captura. Los muestreos abarcaron del año 2021 Feb al 2024 Feb, se efectuaron dos muestreos semestrales (secas y lluvias) en los dos primeros años y solo uno durante el periodo de secas del último año por lo que se efectuó también un análisis temporal. Se incluyó además un muestreo efectuado en el 2003 May en esta misma laguna, con el objetivo de realizar una comparación interanual durante un periodo de tiempo largo (18 a 21 años de diferencia). Durante el examen helmintológico practicado a los peces, se determinaron los diferentes tipos de alimento consumidos (ítems) por lo peces durante cada muestreo, utilizando para ello el método cualitativo de frecuencia de ocurrencia (FO), el cual se expresa generalmente en porcentajes (Muñoz et al., 2006).

Examen helmintológico y caracterización de las infecciones

A cada uno de los peces se les tomaron las biometrías más importantes, como la longitud total, el peso y el sexo. El análisis parasitológico se basó principalmente en las técnicas sugeridas para este tipo de estudios (Vidal-Martínez et al., 2001). Los |parásitos colectados de cada uno de los órganos se separaron y fijaron en frascos con alcohol al 70% para ser aclarados y teñidos con colorantes biológicos como el carmín clorhídrico o tricrómica de Gomori, siendo montados en resina sintética o bálsamo de Canadá para ser identificados con claves taxonómicas.

Para caracterizar las infecciones de cada especie de parásito, se emplearon tres de los parámetros de infección más utilizados en los estudios parasitológicos sugeridos por Bush et al. (1997): (a) *prevalencia:* número de individuos de una especie de hospedero infectados con una especie de parásito entre el número de hospederos revisados; (b) *abundancia promedio:* número total de individuos de una especie particular de parásito, en una muestra de hospederos dividida entre el número total de hospederos revisados, y (c) *dispersión:* se empleó el índice de dispersión varianza/media (ID).

Se utilizó el estadístico no paramétrico *G* para determinar si existía alguna diferencia significativa en los porcentajes de infección de las especies, entre años o temporadas de muestreo. En tanto que para determinar diferencias entre las abundancias promedio de las especies de parásitos, se empleó el modelo lineal general (MLG). Se aplicaron además pruebas de correlación por rangos de Spearman (RS) para determinar si existía relación entre los valores de prevalencia y abundancia promedio de cada especie de parásito y la longitud de los hospederos ($p \leq 0.05$).

Para describir cada una de las infecciones causadas por los parásitos con base en la longitud del hospedero, se construyeron distribuciones de frecuencias por intervalo de clase utilizando la regla de Sturges, para agrupar los datos de los peces de cada muestreo. La descripción de las comunidades de parásitos se efectuó al nivel de comunidad componente (número total de parásitos presentes en una muestra de hospederos), utilizando los siguientes atributos ecológicos: la riqueza de especies, el número total de

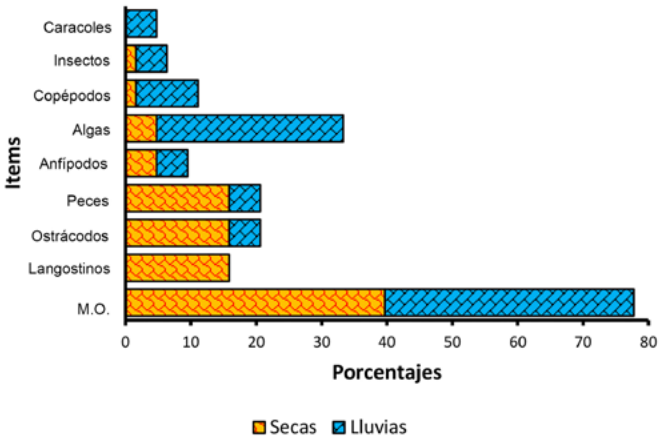
parásitos, la diversidad expresada mediante el exponencial del índice de Shannon-Wiener (ID), así como el índice de Berger-Parker (IBP) como una medida de abundancia numérica (Magurran, 2004).

Resultados y discusiones

La longitud total promedio de los peces varío significativamente entre los años y temporadas de muestreo de 14.0 ± 8.1 cm y 21.5 ± 2.5 cm (ANOVA: $F5, 667 = 18.94$, $p < 0.01$). No se registraron diferencias significativas entre la longitud total de machos y hembras (ANOVA $F1, 290 = 3.57$, $p = 0.06$); no obstante, las hembras fueron significativamente más pesadas que los machos (ANOVA $F1, 290 = 27.35$, $p < 0.01$). La composición de la dieta varió entre las diferentes clases de tamaños de los peces, así como entre las temporadas de secas y lluvias. Por ejemplo, el espectro trófico de peces preadultos y adultos (> 15 cm) durante las temporadas de secas (2021 Feb y 2022 May), estuvo constituido por un 40% de materia orgánica (detritus), 16% de larvas de langostino, 16% de ostrácodos, 16% de larvas de peces, 5% de anfípodos, 5% de algas filamentosas y en una menor proporción por copépodos y larvas de insecto (2%). En tanto que durante las temporadas de lluvias (2021 Oct y 2022 Oct), la materia orgánica (38%) y las algas (28%) fueron los componentes alimenticios mejor representados, en tanto que los crustáceos bentónicos (anfípodos y ostrácodos = 10%), y planctónicos (copépodos = 5%), presentaron porcentajes más bajos (gráfica 6.1). Mientras que la dieta de peces juveniles (5 a 12 cm) consistió en un 61% de materia orgánica, un 29% de crustáceos plantónicos y bentónicos (copépodos ostrácodos y anfípodos) y un 10% de larvas de insecto.

Los mugílidos como *M. curema* juegan un papel importante en el flujo de energía en los ecosistemas lagunares, al alimentarse principalmente de materia orgánica fina y particulada, microalgas, micro- y meiofauna, así como de cualquier otra partícula orgánica presente en el sedimento (Lira, 1997; Navarrete et al., 2017). No obstante, su alimentación puede cambiar durante su desarrollo, así como entre las temporadas climáticas dentro de los sistemas lagunares, por lo que se pueden comportar como peces de hábitos oportunistas; aunque en sus fases juvenil preadulta y adulta consu-

Gráfica 6.1. *Componentes alimenticios de la lisa M. curema en la laguna de Tres Palos*



Fuente: elaboración propia.

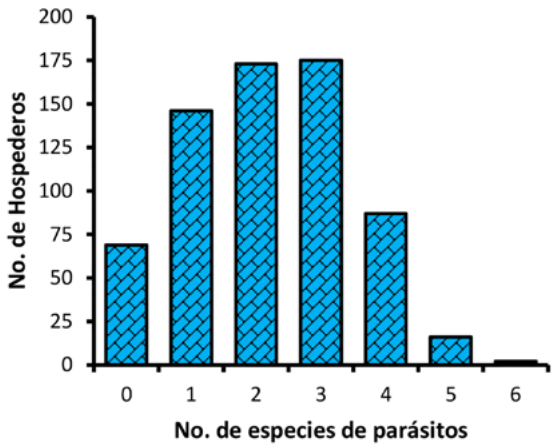
men altos porcentajes de materia orgánica, como lo indicaron los resultados presentados en la gráfica 6.1.

Composición de la parasitofauna

El número total de ejemplares de *Mugil curema* examinados en la laguna de Tres Palos durante el periodo de estudio fue de 668, de los cuales el 90% estuvo infectado por una a seis especies de parásitos. Un mayor porcentaje de peces (52%) presentó de 2 a 3 especies de parásitos por hospedero infectado, y solo el 2.7% presentó hasta 5 o 6 especies distintas (gráfica 6.2).

El número de especies de parásitos por hospedero infectado fue mayor al reportado para esta especie en la laguna de Chautengo, Gro., en la cual solo se registraron como máximo 2 especies de parásitos por pez infectado (Morales-Martínez et al., 2022). En tanto que en otro estudio efectuado en dos estuarios de Mazatlán, Sinaloa, Fajer-Avila et al. (2006) reportaron 2.7 especies de parásitos en promedio por hospedero infectado para este mismo hospedero.

Gráfica 6.2. *Distribución del número de especies de parásitos entre los ejemplares de M. curema, en la laguna de Tres Palos, Gro.*



Fuente: elaboración propia.

La parasitofauna de *M. curema* estuvo constituida por un total de 14 especies de parásitos: una especie de monogeneo, 4 de digeneos, 1 cestodo, 4 acantocéfalos, 2 nematodos y 2 crustáceos (1 copépodo y 1 braquiuro). De acuerdo con el sitio de infección, 3 especies fueron clasificadas como ectoparásitos y 11 como endoparásitos (tabla 6.1). Seis especies de endoparásitos fueron colectadas en forma larvaria, infectando los ojos, el corazón, hígado, mesenterio y, en menor grado, el músculo de los peces *[Ascocotyle (Phagicola) longa*, *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum tataxumui*, *Parvitaenia cochlearii*, *Southwellina hispida* y *Contracaecum multipapilatum].* El número total de endoparásitos fue mayor al de los ectoparásitos en todos los muestreos.

A excepción de los parásitos *Ligophorus mugilinus*, *Floridocentis mugilis* y *Ergasilus lizae*, los cuales son considerados como especialistas de mugílidos (Fajer-Avila et al., 2006; Lira, 1997), todas las demás especies son adquiridas por *M. curema* durante su ingreso y permanencia dentro de la laguna de Tres Palos. Las 11 especies restantes que formaron parte de su parasitofauna (tabla 6.1) se encuentran también presentes en otros peces marinos, estuarinos o dulceacuícolas, que habitan de manera temporal o permanente en esta laguna costera (Violante-González et al., 2007).

Tabla 6.1. *Parámetros de infección de las especies de parásitos de M. curema, en la laguna de Tres Palos, Guerrero*

	Sitio de infección	***2003*** $_{May}$		***2021*** $_{Fec}$		***2021*** $_{Oct}$		***2022*** $_{May}$		***2022*** $_{Oct}$		***2024*** $_{Feb}$	
Parásitos		P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]
Digenea													
Ascocotyle (*Phagicola*) *longa* [L] (Al, G)	He, H, M	100(342.5)	68491[51-805]	73(32.6)	1793[1-487]	53(32.3)	3900[1-406]	68.5(38.7)	2091[3-636]	57(25)	3930[1-393]	67(61.1)	4950[1-808]
Austrodiplostomum compactum [L] (Al, G)	Ey	7.5(0.10)	19[1-2]	3.6(0.04)	2[0-1]	0.83(0.02)	3[0-3]					1.23(0.01)	1[0-1]
Saccocoelioides lamothei [A] (Au, G)	I					9.92(1.06)	237[1-94]	5.6(1.5)	81[6-59]	16.6(1.30)	204[1-23]	7.4(1.08)	88[2-36]
Clinostomum tataxumui [L] (Al, G)	Ms	0.5(0.01)	1[0-1]										
Monogenea													
Ligophorus mugilinus [A] (Au, E)	Gi	10.5(0.39)	78[1-19]	1.8(0.02)	1[0-1]	27.3(2.34)	283[1-62]	22.2(0.96)	52[1-18]	3.8(0.28)	44[1-31]	32.1(1.97)	160[1-86]
Cestoda													
Parvitaenia cochlearii [L] (Al, G)	H	0.5(0.02)	4[0-4]							0.64(0.01)	1[0-1]		
Acanthocephala													
Floridosentis mugilis [A] (Au, E)	I	32(0.82)	163[1-11]	7.3(0.25)	14[1-6]			19(0.60)	72[1-13]	2.5(0.06)	9[1-6]	2.5(0.02)	2[0-1]
Neoechinorhynchus brentnickoli [J] (Au, G)	I			1.8(0.02)	1[0-1]	1.6(0.08)	10[1-9]						
Pseudoleptorhynchoides lamothei [J] (Au, G)	I			3.6(0.05)	3[1-2]	2.5(0.05)	6[1-3]					12.3(0.22)	18[1-4]
Southwellina hispida [L] (Al, G)	H, Ms					19.1(2.39)	289[1-48]						

Nematoda													
Capillaria sp. [A] (Au, G)	I					10.7(1.11)	134[1-112]	20.4(1.15)	62[1-32]				
Contracaecum multipapilatum [L] (Al, G)	Ms, M	71.5(3.30)	659[1-39]	29.1(0.44)	24[1-3]	28.1(0.54)	65[1-8]	38.9(0.70)	38[1-7]	23.6(0.45)	71[1-6]	53.1(1.3)	101[1-22]
Copepoda													
Ergasilus lizae [A] (Au, E)	Gi	73.5(9.05)	24[1-88]	54.5(1.78)	98[1-24]	42.1(2.72)	329[1-19]			28.7(1.64)	257[1-27]	77.8(4.28)	347[1-33]
Brachyura													
Argulus sp. [A] (Au, G)	Gi, Sk	3(0.05)	10[1-4]	1.82(0.02)	1[0-1]	0.83(0.01)	1[0-1]	1.85(0.02)	1[0-1]	1.9(0.02)	1[0-1]		

Nota: P = prevalencia, (A) = abundancia promedio, T = número total de parásitos [rango] = número mínimo y máximo de parásitos. Estadio larvario: A = adulto, J = juvenil, L = larva. Estrategia de colonización: Au = Autogénica, Al = Alogénica. Especificidad hospedatoria: E = especialista, G = generalista. Sitio = sitio de infección: B = branquias, C = corazón, H = hígado, O = ojos, I = intestino, Ms = mesenterio, M = músculo, Pi = piel.

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, la presencia de hasta seis especies de endoparásitos en forma larvaria en *M. curema* sugiere que este pez juega un papel importante en la dinámica de infección de estos endoparásitos dentro de la laguna (Negreiros et al., 2024). Estos parásitos larvarios utilizan aves ictiófagas, como el pato buzo *(Phalacrocorax brasilianus)* o las garzas, blanca *(Ardea alba)* y gris *(Nyctanassa violacea)* como hospederos finales (Violante-González et al., 2015).

Variación temporal de los niveles de infección

De las 14 especies de parásitos identificadas, solo tres fueron registradas durante todos los muestreos *[Ligophorus mugilinus, Ascocotyle (Ph.) longa* y *Contracaecum multipapilatum,* tabla 6.1]. El análisis temporal de los niveles de infección indicó que 8 especies presentaron variaciones significativas en su prevalencia de infección a lo largo del periodo de estudio. Los digeneos *Ascocotyle (Ph.) longa* ($G = 19.71$, $p < 0.05$), *Austrodiplostomum compactum* ($G = 8.53$, $p < 0.05$), el acantocéfalo *Floridosentis mugilis* ($G = 51.5$, $p < 0.05$) y el nematodo *C. multipapilatum* ($G = 41.58$, $p < 0.05$) registraron mayores prevalencias de infección durante el muestreo de 2003 May. El copépodo *Ergasilus lizae* ($G = 31.1$, $p < 0.05$), el monogeneo *L. mugilinus* ($G = 49.4$, $p < 0.05$) y el acantocéfalo *Pseudoleptorhynchoides lamothei* ($G = 9.45$, $p < 0.05$) presentaron sus porcentajes de infección más altos durante 2024 Feb. En tanto que el digeneo *Saccocoelioides lamothei* ($G = 22.2$, $p < 0.05$), fue más prevalente durante el muestreo de 2021 Oct. Las abundancias de estas especies de parásitos variaron también de manera significativa a lo largo del tiempo ($p < 0.01$), y fueron más abundantes en los mismos muestreos en que registraron sus prevalencias más altas (tabla 6.1). De manera general, los valores de prevalencia correlacionaron positivamente con los de las abundancias de las especies de parásitos, confirmando que las especies más prevalentes fueron también las más abundantes ($rs = 0.930$, $p < 0.01$).

Muchas especies de parásitos pueden experimentar cambios espaciales o temporales en sus parámetros de infección (prevalencia, intensidad y abundancia), debido a las variaciones estacionales de algunos factores bió-

ticos o abióticos (Poulin, 2006). Estas variaciones, pueden expresarse como cambios en la prevalencia o la abundancia de los parásitos a lo largo del tiempo (Poulin, 2006).

Especies de endoparásitos como *F. mugilis*, *C. multipapilatum* y *Ps. lamothei* son transmitidas a sus hospederos intermediarios o definitivos, por medio de la ingestión de presas infectadas, o bien a través del consumo de vegetación acuática, en la cual se enquistan metacercarias de haplopóridos como *Sacocoeliodes lamothei* (Andrade, 2022). Por ello, cambios en la composición de la dieta de los hospederos a lo largo del tiempo o bien una variación en la disponibilidad de presas infectadas con estadios infectivos (larvas), asociados a fluctuaciones en algunos factores ambientales, pueden haber ocasionado variaciones en los niveles de infección de estas especies de parásitos durante el periodo de estudio (Carpio, 2020; Luque et al., 2004).

Distribución espacial de las especies de parásitos

Los valores del índice de dispersión varianza/media (ID, tabla 6.2) indicaron que el 64 % de las especies de parásitos presentó una dispersión agregada (ID > 1) en uno o más años de muestreo; mientras que el 21 % presentó una distribución regular o uniforme (ID < 1). Las especies *A. (Ph.) longa, S. lamothei*, *L. mugilinus* y *Capillaria* sp. tuvieron los valores más altos de agregación (ID > 20). No obstante, solo la larva del digeneo, *A. (Ph.) longa* mostró niveles altos de agregación durante todos los muestreos (tabla 2). De manera general, los valores del ID de las especies de parásito, presentaron una correlación positiva con sus valores de prevalencia *(rs* = 0.429, $p < 0.01$), abundancia promedio *(rs* = 0.776, $p < 0.01$) y número total de parásitos *(rs* = 0.730, $p < 0.01$).

Una de las características más comunes de las infecciones parasitarias en hospederos vertebrados es la tendencia de los parásitos a presentar una distribución agregada entre sus hospederos (Carpio, 2020; Carvallho et al., 2015; Poulin, 1993). La distribución agregada es considerada un patrón típico en poblaciones de parásitos de peces de agua dulce, y ha sido reportada para varias especies de helmintos parásitos como de crustáceos (Carvall-

ho et al., 2015; Guidelli et al., 2003; Poulin, 1993). Este patrón de agregación también fue observado entre la mayoría de las especies de parásitos (9 especies) de la lisa *M. curema.* No obstante, solo en los casos del monogeneo *L. mugilinus* el trematodo *A. (Ph.) longa* y el copépodo *E. lizae*, las intensidades de infección fueron bastante contantes a lo largo del tiempo (tabla 6.2).

Tabla 6.2. *Valores del índice de dispersión varianza/media para las especies de parásitos de la lisa M. curema, en la laguna de Tres Palos, Gro.*

Parásito	*2003 May*	*2021 Feb*	*2021 Oct*	*2022 May*	*2022 Oct*	*2024 Feb*
Ascocotyle (Ph.) longa	48.82	172.24	119.14	189.78	133.58	214.66
Austrodiplostomum compactum	0.17					
Saccocoelioides lamothei			38.24	29.37	6.33	17.09
Ligophorus mugilinus	3.80		16.35	6.39	18.58	44.20
Floridosentis mugilis	1.59	1.62	4.07		2.78	
Neoechinorhynchus brentnickoli			6.40			
Pseudoleptorhynchoides lamothei		0.33	0.50			0.72
Southwellina hispida			17.00			
Capillaria sp.			90.68	17.50		
Contracaecum multipapilatum	6.03	0.36	1.37	1.36	0.85	4.98
Ergasilus lizae	18.54	5.74	2.79		4.04	5.12
Argulus sp.	0.88					

Fuente: elaboración propia.

Influencia de la longitud del hospedero en los niveles de infección

La longitud total de los peces, sin considerar el sexo, correlacionó positivamente con la abundancia de seis especies de parásitos: *E. lizae* ($rs = 0.452$, $p < 0.01$), *L. mugilinus* ($rs = 0.239$, $p < 0.01$), *A. compactum* ($rs = 0.109$, $p < 0.01$), *A. (Ph.) longa* ($rs = 0.332$, $p < 0.01$), *F. mugilis* ($rs = 0.159$, $p < 0.01$) y *C. multipapilatum* ($rs = 0.356$, $p < 0.01$). Mientras que se registró una correlación negativa entre la longitud de los peces y las abundancias del dige-

neo *S. lamothei* (*rs* = −0.178, $p < 0.01$) y del acantocéfalo *Southwellina hispida* (*rs* = −0.269, $p < 0.01$). A nivel de cada uno de los muestreos, solo durante cuatro de ellos se registró una correlación positiva entre la longitud total y la riqueza de especies, así como con la carga parasitaria. Las correlaciones más intensas se registraron en los muestreos que presentaron un mayor rango de tamaños, por ejemplo en el año 2022 Oct, como lo indicó el valor más alto del CV (57.5%, tabla 6.3).

Tabla 6.3. *Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman entre la longitud total, la riqueza de especies de parásitos y la carga parasitaria en M. curema*

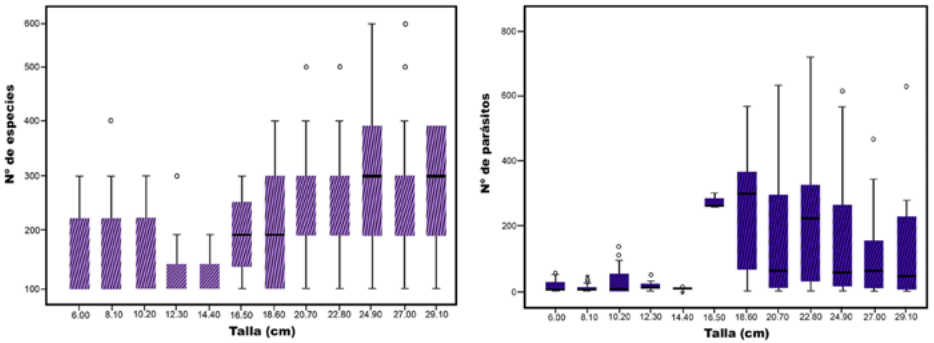
Muestreo	*Riqueza*	*Carga*
2003 May	0.255*	0.202*
2021 Feb	0.019	0.111
2021 Oct	0.621*	0.516*
2022 May	−0.018	−0.008
2022 Oct	0.722*	0.594*
2024 Feb	0.298*	0.454*

Nota: *valores significativos a un nivel de $p < 0.01$.
Fuente: elaboración propia.

La distribución del número de especies de parásitos con base a los intervalos de clase construidos, indicó que la riqueza de especies incrementó de manera constante hasta los 24.9 cm de longitud total, para posteriormente disminuir ligeramente en los peces de mayor tamaño (gráfica 6.3a). La carga parasitaria presentó un comportamiento similar, aunque en este caso las clases de tamaños más infectadas fueron las de 16.5 y 18.6 cm (gráfica 6.3b).

Los niveles de infección de las especies de parásitos variaron también entre las diferentes clases de tamaños. Por ejemplo, juveniles de menos de 10 cm de longitud total se caracterizaron por presentar altos niveles de infección del acantocéfalo *S. hispida* (p = 46.81, A = 6.13), durante el muestreo de 2021 Oct y de *S. lamothei* (p = 21.62, A = 1.43), durante el de 2022 Oct. Otras especies de parásitos también importantes por sus niveles de infección en estos juveniles de lisa, fueron el nematodo *Capillaria* sp. y los acantocéfalos *F. mugilis* y *S. lamothei* (p = 12.8, 6.36 y 6.38, respectivamente).

Gráfica 6.3. *Distribución de la riqueza de especies (a) y la carga parasitaria (b) en la lisa Mugil curema, de la laguna de Tres Palos, Gro.*



Fuente: elaboración propia.

El tamaño corporal del hospedero es considerado como un factor importante de estructuración de las infracomunidades de parásitos (Baia et al., 2018; Carpio, 2020). La abundancia de muchas especies de parásitos es generalmente correlacionada positivamente con el tamaño corporal del hospedero, debido a que se considera que los hospederos más grandes, presentan un mayor número de nichos para la colonización de los parásitos. Además, los hospederos más grandes son generalmente de mayor edad, por lo que han vivido durante un mayor tiempo y, por lo tanto, han tenido una mayor probabilidad de infectarse con parásitos durante su periodo de vida, en comparación con los más pequeños y de vida más corta (Carpio, 2020; Luque y Poulin, 2008).

Sin embargo, las correlaciones negativas registradas entre la longitud de los peces y las abundancias del digeneo *S. lamothei* y el acantocéfalo *S. hispida* indicaron que existió una reducción en la abundancia de estos endoparásitos entre los peces de mayor tamaño. Algunos estudios han reportado también la ocurrencia de asociaciones negativas entre la abundancia de algunos parásitos y el tamaño del hospedero; es decir, una reducción en los niveles de infección, con el aumento en el tamaño del cuerpo (Carpio, 2020; Iyaji et al., 2009). Las reducciones en la abundancia de parásitos en los peces de mayor tamaño pueden ser atribuidas a cambios en los hábitos alimenticios del hospedero durante su desarrollo; esto es, el pez puede dejar de alimentarse de una determinada presa que actúa

como hospedero intermediario del parásito en la fase adulta (o reducir su consumo), o bien debido al desarrollo de una reacción inmunitaria en peces más grandes o de mayor edad (Carpio, 2020; Iyaji et al., 2009).

Comunidades componente

La riqueza de especies de parásitos registrada a nivel de comunidad componente en *M. curema* varió de manera significativa de 8 a 12 especies ($t = -4.15$, $p < 0.01$), siendo más alta en el muestreo de 2021 Oct (tabla 6.4) En tanto que el número total de parásitos de cada comunidad varió también significativamente de 1 937 parásitos a 71 234 parásitos (2003 May) ($t = -4.99$, $p < 0.01$). La diversidad de especies calculada a partir del exponencial del índice de Shannon-Wiener (1D), varió de 1.93 a 6.25, siendo significativamente más alta durante el año 2021 Oct ($t = -4.73$, $p < 0.01$).

Tabla 6.4. *Características de las comunidades de parásitos de M. curema en la laguna de Tres Palos, Gro.*

Muestreo	*No. de peces*	*Long (cm)*	*CV*	*Riqueza*	*Ecto*	*Endo*	*No. de parásitos*	*IBP*	*Especie dominante*	*1D*
2003May	200	21.5 ± 2.5	11.8	9	1897	69337	71234	0.9615	Asco	1.93
2021Feb	55	21.4 ± 1.4	6.49	9	100	1837	1937	0.9257	Asco	2.36
2021Oct	121	16.9 ± 8.6	50.6	12	613	4716	5329	0.7318	Asco	6.25
2022May	54	21.3 ± 1.8	8.56	6	53	2272	2325	0.8994	Asco	2.82
2022Oct	157	14.0 ± 8.1	57.5	8	304	4215	4519	0.8697	Asco	3.21
2024Feb	81	21.2 ± 7.7	36.4	8	507	5164	5671	0.8729	Asco	3.20

Notas: CV = coeficiente de variación, IBP = índice de Berger-Parker, 1D = exponencial del índice de Shannon-Wiener. Asco = *Ascocotyle* (*Phagicola*) *longa.*
Fuente: elaboración propia.

La estructura y composición de las comunidades de parásitos de cualquier población de peces es ensamblada a partir de un conjunto de especies de parásitos disponibles a nivel local (Carpio, 2020; Tavares-Dias y

Neves, 2017; Valtonen et al., 2001). Estas son generalmente influenciadas por una serie de factores bióticos y abióticos, incluidos las condiciones ambientales y climáticas (secas y lluvias), el comportamiento alimenticio y reproductivo del hospedero, así como por la estructura y complejidad de las redes alimenticias. Estas comunidades también son afectadas por la disponibilidad de estadios larvarios infectivos, así como por la presencia de hospederos intermediarios adecuados en el medio ambiente (Carpio, 2020; Tavares-Dias y Neves, 2017; Valtonen et al., 2001). Por lo tanto, estas comunidades pueden presentar cambios importantes en su composición y diversidad de especies, principalmente durante periodos largos (varios años).

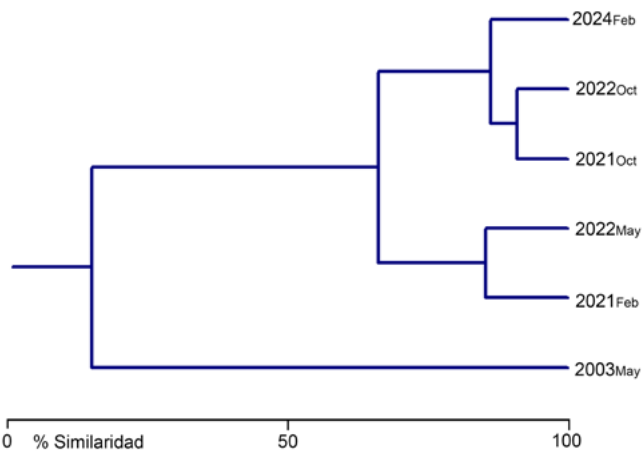
Las comunidades de parásitos de *M. curema* en la laguna de Tres Palos presentaron una riqueza y diversidad de especies de parásitos, similares a las registradas en poblaciones de la misma especie en el Pacífico mexicano (7 a 9 especies: Fajer-Avila et al., 2006; Lira, 1997; Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007; Violante-González et al., 2007). Sin embargo, la parasitofauna global fue de 14 especies de parásitos (tabla 6.1). Este resultado puede ser atribuido al mayor tiempo de muestreo, así como a los mayores tamaños de muestra utilizados en el presente estudio. Los estudios parasitológicos que abarcan periodos de muestreo de varios años como el presente, permiten poder recuperar un mayor número de especies consideradas como raras, las cuales no obstante su baja ocurrencia a lo largo del tiempo, contribuyen de manera significativa a la riqueza y la diversidad de especies de las comunidades de parásitos.

Las comunidades de parásitos de *M. curema* se caracterizaron también por la alta dominancia del digeneo *A. (Ph.) longa* durante todos los muestreos (tabla 1). Este heterófido fue la especie dominante y estuvo presente en las lisas durante todos los muestreos, registrando altos niveles de infección en comparación con las demás especies. Sin embargo, nuestros resultados indican que tanto su prevalencia de infección, así como su abundancia promedio, han disminuido en los últimos 20 años. Esta especie utiliza garzas y cormoranes ictiófagos que habitan en la laguna de Tres Palos (Violante-González et al., 2015), pero sus poblaciones han disminuido en los últimos años, debido posiblemente a la alta deforestación de las zonas de manglar, lo cual ha limitado sus áreas de reproducción.

La similitud entre las comunidades componentes (muestreos) de la lisa, varió ampliamente de 5.28% (2003 May-2021 Feb) a 91% (2021 Oct-2022 Oct) (media = 49.37); aunque la composición de especies fue más similar para una misma temporada durante los dos años sucesivos (gráfica 6.4).

Carpio (2020) en un estudio sobre la dinámica de la comunidad de parásitos del cuatete *(Ariopsis guatemalensis)* en la laguna de Tres Palos, señaló que las variaciones en los factores ambientales locales (temperatura, precipitación, salinidad), tuvieron un efecto muy importante en la variación de la composición, riqueza y diversidad de especies de parásitos de este hospedero, tanto a nivel interanual como entre temporadas climáticas. No obstante, en el presente estudio los cambios más notables en la riqueza, diversidad y composición de especies se registraron entre periodos de varios años (2003 May-2021 Feb); mientras que fueron menos evidentes entre años consecutivos (gráfica 6.4). Por lo tanto, estos resultados sugieren que las comunidades de parásitos de la lisa *M. curema* pueden ser más impredecibles durante periodos de tiempo largos, aunque son más predecibles entre las temporadas climáticas de años sucesivos.

Gráfica 6.4. *Porcentajes de similitud cuantitativa entre las comunidades de parásitos de la lisa M. curema, en la laguna de Tres Palos, Gro.*



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La composición de la dieta varió entre las diferentes clases de tamaños de los peces, así como entre las temporadas climáticas de secas y lluvias. No obstante que el 90% de los peces examinados estuvo infectado, el número de especies de parásitos por hospedero infectado fue generalmente bajo (2 a 3 especies), lo cual posiblemente no pone en riesgo la salud de estos peces. Los digeneos y los acantocéfalos (4 especies cada uno) fueron los grupos de parásitos mejor representados dentro de la parasitofauna de *M. curema*. Los niveles de infección de la mayoría de las especies de parásitos (8 especies) fueron influenciados por las condiciones ambientales locales. El ciclo estacional de secas y lluvias pudo influir en la disponibilidad de hospederos intermediarios en la laguna de Tres Palos, y también generar cambios en el comportamiento alimenticio y reproductivo de juveniles y adultos de *M. curema*; esto, a su vez, influye en el reclutamiento de especies de endoparásitos, los cuales son transmitidos a partir del consumo de presas infectadas. Los principales factores bióticos que originaron cambios en la estructura de las comunidades de parásitos de *M. curema* fueron la dieta, la talla del hospedero, así como posibles diferencias entre juveniles y adultos en cuanto a su proximidad con el fondo, lo cual puede facilitar la trasmisión de especies de parásitos desde hospederos intermediarios bentónicos.

Referencias

Andrade, L. (2022). *Taxonomía integrativa de Haplopóridos (Trematoda) parásitos de* Mugil *spp. (Mugilidae) de las costas de México* [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Baia, R. R. J., Florentino, A. C., Silva, L. M. A. y Tavares-Dias, M. (2018). Patterns of the parasite communities in a fish assemblage of a river in the Brazilian Amazon region. *Acta Parasitologica, 63*, 304-316.

Bush, A. O., Laferty, K. D., Lotz J. M. y Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. *The Journal of Parasitology, 83*(4), 575-583.

Carpio, D. I. (2020). *Dinámica de la comunidad de parásitos del cuatete* Ariopsis guatemalensis *(Günther, 1864), en dos lagunas costeras del Estado de Guerrero, México* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Carvallho, R. P. S., Takemoto, R. M., Melo, C. M., Jeraldo, V. L. S. y Madi, R. R. (2015). Struc-

ture of the parasite infracommunity of *Sciades proops* from the Japaratuba River Estuary, Sergipe, Brazil. *Brazilian Journal of Biology, 75*(4), 906-913.

Centeno, L., Bashirullah, A. K., Álvarez, M. E. y Álvarez, R. (2002). Análisis comparativo de las comunidades de parásitos metazoarios en dos especies de peces marinos del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bioagro, 14*, 135-144.

De la Lanza-Espino, G., Alcocer-Durand, J., Moreno-Ruiz, J. L. y Hernández-Pulido, S. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica, 18*, 21-30.

Fajer-Avila, E. J., García-Vásquez, A., Plascencia-González, H., Ríos-Sicairos, J., García-de-la-Parra, l. M. y Betancourt-Lozano, M. (2006). Copepods and larvae of nematodes parasiting the white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of anthropogenic impacts in tropical coastal lagoons? *Environmental Monitoring and Assessment, 122*, 221-237.

Falkenberg, J. M., Vitória, M. M., Viera, G. H. C. y Lacerda, A. C. (2022). Metazoan parasites of white mullet *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) and new records of occurrence in the western Atlantic, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 94*(1).

Guidelli, G. M., Isaac, A., Takemoto, R. M. y Pavanelli, G. C. (2003). Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía river, upper Paraná river floodplain, Brazil: Specific composition and ecological aspects. *Brazilian Journal of Biology, 63*(2), 261-268.

Hewitt, J. E., Thrush, S. E. y Cummings, V. J. (2001). Assessing environmental impacts: Effects of spatial and temporal variability at likely impact scales. *Ecological Applications, 11*, 1502-1516.

Iyaji, F. O., Etim, L. y Eyo, J. E. (2009). Parasite assemblages in fish hosts. *Journal of Biological Research, 7*(2), 561- 570.

Kennedy, B. M., Thompson B. W. y Luecke, C. (2006). Ecological differences between two closely related morphologically similar benthic whitefish (*Prosopium spilonotus* and *Prosopium abyssicola*) in an endemic whitefish complex. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 63*, 700-1709.

Lira, G. (1997). *Fauna helmintológica de dos especies de mugílidos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco, México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Luque, J. L. y Poulin, R. (2008). Linking ecology with parasite diversity in neotropical fishes. *Journal of Fish Biology, 72*, 189-204.

Luque, J. L., Mouillot, D. y Poulin, R. (2004). Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitology, 128*, 671-682.

Magurran, A. (2004). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University.

Morales-Martínez, K. A., Muñoz-García, C., Figueroa-Delgado, A., Chávez-Güitrón, L., Osorio-Saravia, D., Saavedra-Montañez, M., Martínez-Maya, J. J., Rubio, J. M. y Villalobos, N. (2022). Parasite identification in mullet fish *(Mugil curema)* from Chautengo Lagoon, Guerrero, Mexico, based on morphology and molecular analysis. *Experimental Parasitology, 240*.

Muñoz, G., Grutter, A. S. y Cribb, T. H. (2006). Endoparasite communities of five fish

species (Labridae: Cheilininae) from Lizard Island: How important is the ecology and phylogeny of the hosts? *Parasitology, 132*, 363-374.

Navarrete Salgado, N. A., Fernández, G. E., Delgado-Rodríguez, V., González-Díaz, E. y Pérez-Crespo, L. (2017). Análisis del contenido estomacal de la lisa (*Mugil curema* Cuvier y Valenciennes) en Playa Navarro, Vega de Alatorre, Veracruz. *Revista de Zoología, 28*, 9-18.

Negreiros, L. P., Couto, J. V. y Tavares-Dias, M. (2024). Metazoan parasites fauna of detritivorous and omnivorous fishes from Amapá Lake, in western Brazilian Amazon. 2024. *Biota Neotropica, 24*(1).

Poulin, R. (1993). The disparity between observed and uniform distributions: A new look at parasite aggregation. *International Journal of Parasitology, 23(7), 937-944*

Poulin, R. (2006). Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *International Journal of Parasitology, 36*(8), 877-885.

Salgado-Cruz, L., Quiñonez-Velázquez, C., García-Domínguez, F. A., Pérez-Quiñonez, C. I. y Aguilar-Camacho, V. (2021). Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía, 56*, 50-65.

Santos, J. R., Esteves-Silva, P. H., Costa-Campos, C. E. y Tavares-Dias, M. (2021). Ectoparasites infecting *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) in Amapá state estuary, in the northern Brazilian coast region. *Journal of Parasitic Diseases, 45*, 1065-1070.

Tavares-Dias, M. y Neves, L. R. (2017). Diversity of parasites in wild *Astronotus ocellatus* (Perciformes, Cichlidae), an ornamental and food fish in Brazil. *Anais da Acadedmia Brasileira de Ciencias, 89*, 2305-2315.

Trape, S., Durand, J. D., Guilhaumon, F., Vigliola, L. y Panfili, J. (2009). Recruitment patterns of young-of-the-year mugilid fishes in a West African estuary impacted by climate change. *Esturiane Coastal and Shelf Science,85*(3), 357-367.

Valtonen, E. T., Pulkinen, K., Poulin, R. y Julkunen, M. (2001). The structure of parasite component communities in brackish water fishes of the northeastern Baltic Sea. *Parasitology, 122*, 471-481.

Vidal-Martínez, V. M., Aguirre-Macedo, L., Scholz, T., Gonzalez-Solıs, D. y Mendoza-Franco, E. F. (2001). *Atlas of helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academy of Sciences of the Czech Republic.

Violante-González, J. y Aguirre-Macedo, M. L. (2007). Metazoan parasites of fishes from Coyuca lagoon, Guerrero, Mexico. *Zootaxa, 1531*, 39-48.

Violante-González, J., Aguirre-Macedo, M. L. y Mendoza-Franco, E. F. (2007). A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research, 102*, 151-161.

Violante-González, J., Pulido-Flores, G., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., Melo-García, M. A., García-Ibáñez, S., Esparza-Ibarra, E. L., Larumbe-Morán, E. y Carbajal-Violante, J. (2015). Importancia de las aves ictiófagas como hospederos finales de helmintos, en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. En G. Pulido-Flores, S. Monks y M. López-Herrera (Eds.), *Estudios en biodiversidad* (vol. 1, pp. 104-120). Zea.

Zander, C. D. (2004). Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the south-western Baltic. *Parasitology Research, 93*, 17-29.

7. Influencia de las condiciones ambientales en la estructuración de las comunidades de parásitos de *Mugil curema*, en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero

Juan Violante González[1]
Aldo Díaz Gallegos[2]
Yesenia Gallegos Navarro[3]
Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez[4]
Erick Rodríguez Ibarra[5]
Jonatan Carbajal Violante[6]
Guadalupe Quiterio Rendon[7]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.07

Resumen

El gran impacto antropogénico que presentan actualmente la mayoría de las lagunas costeras del estado de Guerrero propicia la aparición de enfermedades en los organismos acuáticos, debido a que el agua es un medio que facilita la transmisión de estadios larvarios de parásitos. Entre mayo del 2023 y febrero del 2024 se examinaron un total de 585 ejemplares de la lisa *Musil curema* de 5 lagunas costeras, con el objetivo de determinar el efecto

[1] Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6291-8763; correo electrónico: viojuang@yahoo.com.mx
[2] Maestro en Recursos Naturales y Ecología. Estudiante de doctorado en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-6853-7663
[3] Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de investigación en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9366-6162
[4] Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8027-608X
[5] Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2930-8709
[6] Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-7725-8128
[7] Doctora en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Profesional de proyecto adscrita al Comité de Sanidad Acuícola del estado de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2359-7589

de las condiciones ambientales locales, en la estructuración de sus comunidades de parásitos. Se identificaron un total de 15 especies de parásitos: 5 alogénicas, las cuales utilizan aves como hospederos definitivos, y 10 autogénicas las cuales maduran en peces. Las especies alogénicas representaron el 87% del total de parásitos recuperados, destacando con ello la importancia de la lisa como hospedero intermediario de estos parásitos de ciclos de vida complejos. Las comunidades de parásitos fueron intensamente dominadas por el heterófido *A. (Ph.) longa.* Su similitud fue baja (53.5%), debido a que las condiciones ambientales y biológicas existentes en cada laguna, ejercen un efecto importante en su composición. Algunas características del hospedero, tales como las diferencias en su comportamiento alimenticio y tamaño corporal, ejercieron también un efecto importante sobre la estructura y la composición de las comunidades de parásitos de *M. curema*, en las 5 lagunas estudiadas.

Palabras clave: *impacto antropogénico, Mugil curema, comunidades de parásitos.*

Introducción

Los parásitos desempeñan un papel ecológico importante dentro de los ecosistemas, debido a su capacidad de afectación a las especies de hospedero a diferentes niveles de organización, es decir, a nivel individuo, población y comunidad (Poulin, 2010; Bellay et al., 2018). En este sentido, Bellay et al. (2015) señalaron que la complejidad y ubicuidad de las interacciones hospedero-parásito son buenos argumentos cuando se considera al parasitismo como un método para evaluar los impactos antropogénicos en los sistemas acuáticos. Los ecosistemas acuáticos presentan un nexo entre la alteración del hábitat y la aparición de enfermedades, debido a que el agua es un medio que facilita la transmisión de estadios larvarios de parásitos (Johnson y Carpenter, 2008). Estos ecosistemas pueden experimentar numerosos cambios físicos, químicos y biológicos, como resultado de la actividad antropogénica. La eutrofización es una de las formas más generalizadas de alteración del hábitat en todo el mundo, la cual provoca cambios

drásticos en la diversidad de especies, la biogeoquímica y los servicios de los ecosistemas (Johnson y Carpenter, 2008; Smith, 2003).

Los efectos de la eutrofización sobre las poblaciones de macroparásitos de peces (particularmente helmintos) han sido objeto de algunos estudios durante más de cincuenta años (Wisniewski, 1958). Los resultados de estas investigaciones indican que, en los sistemas marinos y de agua dulce, los niveles bajos o moderados de eutrofización se asocian generalmente con incrementos de poblaciones de parásitos generalistas, con múltiples especies de hospederos intermediarios y paraténicos, así como con una abundancia global de parásitos y una mayor riqueza de especies. Las especies de parásitos que incrementan sus poblaciones utilizan especies bentónicas en lugar de pelágicas como hospederos intermediarios, además de parásitos que utilizan peces como hospederos intermediarios, en lugar de como hospedadores definitivos, y completan su ciclo de vida en aves o mamíferos (alogénicos) (Esch, 1971; Marcogliese, 2001; Zander y Reimer, 2002).

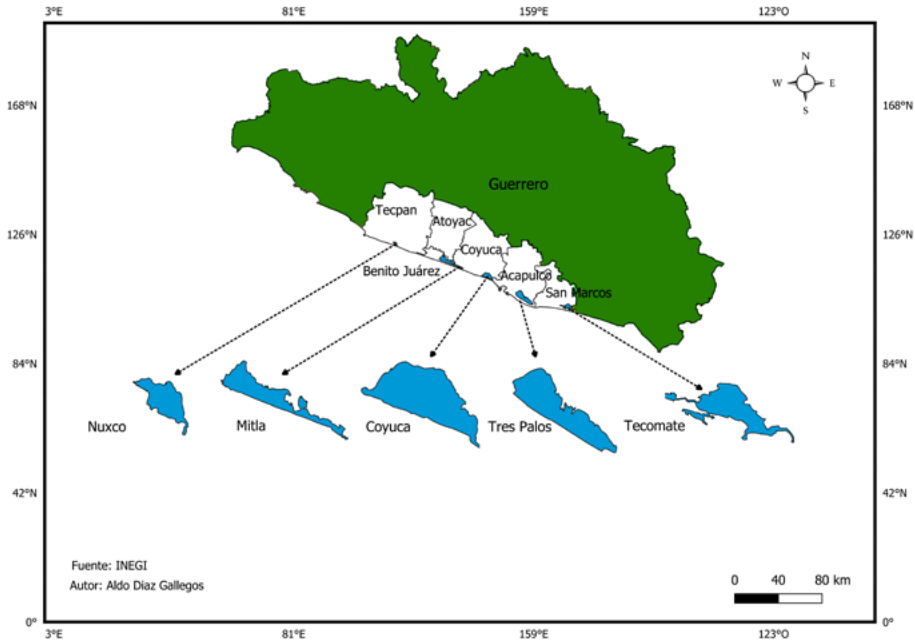
Los sistemas lagunares de las costas del Pacífico mexicano se caracterizan por un cierre temporal o permanente de su comunicación con el mar, como resultado de condiciones climáticas e hidrológicas extremas (De la Lanza et al., 2008. Escobedo, 2010), muchas veces intensificadas por fenómenos oceanográficos naturales, cada vez más recurrentes como El Niño y La Niña (ENOS). Durante las temporadas de lluvias son depositadas grandes cantidades de sedimentos, lo cual acelera su azolvamiento y propicia cambios biogeoquímicos predisponiendo a estos cuerpos de agua, a mayores impactos antropogénicos (p. ej., incremento de la concentración de nutrientes y contaminantes). Los principales contaminantes orgánicos e inorgánicos que son vertidos en las lagunas costeras provienen principalmente de las aguas residuales de uso urbano, así como de las actividades realizadas en las zonas rurales y áreas de cultivo (Escobedo, 2010). La eutrofización de las lagunas costeras es un proceso natural, no obstante, este es acelerado por la actividad humana. Los colectores municipales de desagües, los residuos industriales y las escorrentías cargadas de fertilizantes agrícolas, vierten grandes concentraciones de nutrientes los cuales estimulan un crecimiento desmedido de las algas y degradan la calidad del agua de estos importantes ecosistemas acuáticos.

La lisa *Mugil curema* es una especie marina de hábitos detritívoros, que pasa la mayor parte de su ciclo de vida en las lagunas costeras, donde se alimenta principalmente de detritus, algas microscópicas o filamentosas e invertebrados bentónicos y planctónicos (Trape et al., 2009; Salgado-Cruz et al., 2021; Santos et al., 2021). Dado sus hábitos alimenticios, la lisa se encuentra ampliamente adaptada a las condiciones ambientales existentes en las lagunas costeras, en las cuales constituye una parte importante de las pesquerías locales (Salgado-Cruz et al., 2021). Por lo tanto, debido a su gran importancia económica y ecológica, se han realizado estudios parasitológicos de esta especie en algunas localidades del Pacífico mexicano (Fajer-Avila et al., 2006; Lira, 1997), así como en tres lagunas del estado de Guerrero (Morales-Martínez et al., 2022; Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007; Violante-González et al., 2007;); por lo que su parasitofauna se encuentra bien documentada. Sin embargo, no existe hasta la fecha ningún estudio enfocado en determinar si la composición y la riqueza de especies de las comunidades de parásitos de este hospedero son constantes o presentan variaciones importantes entre las diferentes lagunas costeras del estado. Estudios sobre la variación espacial de las comunidades de parásitos, como el presente, pueden aportar información importante, que puede ser utilizada para el desarrollo biotecnológico de la especie dado su alto potencial de cultivo, el cual se demuestra por su amplia aceptación en el mercado, rápido crecimiento y dieta detritófaga. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de las condiciones ambientales locales en la estructuración de las comunidades de parásitos de la lisa *Mugil curema*, en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero (Tecomate, Tres Palos, Coyuca, Mitla y Nuxco), sujetas a diferentes grados de impacto antropogénico.

Localización del área de estudio

La localización de las cinco lagunas costeras examinadas en el presente estudio se presenta en la figura 7.1; en tanto que sus características generales y su nivel de eutrofización se muestran en la tabla 7.1.

Figura 7.1. *Localización de las lagunas de Tecomate, Tres Palos, Coyuca, Mitla y Nuxco, en las costas del estado de Guerrero*



Fuente: elaboración propia.

Colecta y procesado de los peces

Las colectas de los ejemplares de *M. curema* se llevaron a cabo entre los años 2023 May y 2024 Feb. Los peces se obtuvieron a partir de las capturas comerciales, que se realizan de manera habitual en cada una de las lagunas, siendo capturados por medio de redes agalleras. A cada uno de los peces le fueron tomadas sus biometrías más importantes, como la longitud total, el peso total y el sexo.

Procesamiento de los parásitos

Los parásitos encontrados en cada uno de los diferentes órganos se separaron y fijaron en frascos en alcohol al 70%. Para su identificación taxonómi-

Tabla 7.1. *Superficie y características físico-químicas de las lagunas costeras*

Laguna	*Extensión*	*Salinidad*	*O2*	*pH*	*Clorofila*	*N2 total*	*Fosfatos*	*Clasificación*
Tecomate	28 km^2	19.5	5.2	7.7		8.3	3.4	Mesotrófica
Tres Palos	55 km^2	3	3.4	8.8	156	425	27.4	Hipertrófica
Coyuca	31.35 km^2	2.4	4.2	6.8	82	302	16.6	Mesotrófica
Mitla	38.60 km^2	3.5	4.5	8.7	76.6	4	0.2	Oligotrófica
Nuxco	7.02 km^2	17.37	4.11	9.47				Oligotrófica

Fuente: elaboración propia.

ca, fueron teñidos empleando algunos colorantes biológicos, como carmín clorhídrico o tricrómica de Gomori, y posteriormente se montaron en resina sintética o bálsamo de Canadá.

Clasificación de las especies de parásitos

Las especies de parásitos se clasificaron con base en sus estrategias de colonización como: autogénicas, aquellas especies de parásitos que alcanzan la madures en peces, anfibios o reptiles (hospederos acuáticos) y alogénicas, aquellas que presentan como hospederos definitivos a las aves o mamíferos, cuyas migraciones naturales favorecen la dispersión de éstas (Esch y Fernández, 1993).

Caracterización de las infecciones y las comunidades de parásitos

Para caracterizar las infecciones de cada especie de parásito, se emplearon tres de los parámetros de infección más utilizados en los estudios parasitológicos, sugeridos por Bush et al. (1997): (a) *prevalencia:* número de individuos de una especie de hospedero infectados con una especie de parásito entre el número de hospederos revisados, (b) *abundancia promedio:* número total de individuos de una especie particular de parásito, en una muestra de hospederos dividida entre el número total de hospederos revisados

y (c) *rango de intensidad:* número de parásitos de una especie de parásito, expresado como un rango (mínimo-máximo).

Se utilizó el estadístico no paramétrico *G*, para determinar si existían diferencias significativas en los porcentajes de infección de las especies de parásitos entre las lagunas. Para determinar diferencias entre las abundancias promedio, se empleó el modelo lineal general (MLG). Se aplicaron además pruebas de correlación por rangos de Spearman (*rs*), para determinar si existía relación entre los valores de prevalencia y abundancia promedio de cada especie de parásito y la longitud de los hospederos ($p \leq 0.05$).

La descripción de las comunidades de parásitos se efectuó al nivel de comunidad componente (número total de parásitos presentes en una muestra de hospederos), utilizando los siguientes atributos ecológicos: la riqueza de especies, el número total de parásitos, la diversidad expresada mediante el exponencial del índice de Shannon-Wiener (ID), así como el índice de Berger-Parker (IBP) como una medida de abundancia numérica (Magurran, 2004).

Se utilizó también el índice de porcentaje de similitud de Bray-Curtis (PS) para determinar similitudes o diferencias en la composición de especies de las comunidades de parásitos, entre las lagunas o años de muestreo. El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray-Curtis se utilizó para clasificar a las comunidades de parásitos componentes de cada laguna, con base en sus similitudes relativas y poder visualizar patrones en la composición de especies. Se identificaron posibles diferencias entre los parámetros a nivel comunidad componente fueron identificadas por medio de la utilización de pruebas *t*-Student.

Análisis multivariados

Se emplearon análisis multivariados (modelo lineal general, MLG) para identificar diferencias entre los parámetros de infracomunidad (variables dependientes) entre las lagunas costeras y los años de muestreo (variables predictoras). La longitud total de los peces se utilizó como covariable para controlar la influencia de la longitud de los peces. Se aplicó, además, un

análisis de componentes principales (ACP), para identificar los posibles factores bióticos o abióticos que pudieran influir en la riqueza y la diversidad de especies en las infracomunidades de parásitos en cada una de las lagunas. Finalmente, se emplearon funciones de análisis discriminantes (FAD) para determinar posibles diferencias en la estructura y composición de especies de las comunidades de parásitos, utilizando datos de frecuencia de ocurrencia y abundancia de especies componente (prevalencia ≥ 10%). Para las pruebas estadísticas se utilizaron los programas SPSS Ver. 20.0 y PRIMER v6.

Resultados y discusiones

Características de los hospederos

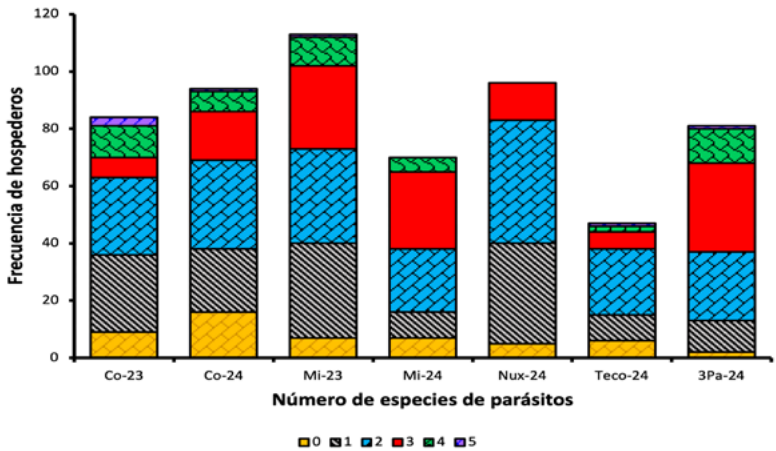
La longitud total promedio de los peces varió significativamente entre las cinco lagunas estudiadas de 21.2 ± 7.7 cm a 26.3 ± 2.2 cm (ANOVA: $F4, 584 = 15.27$, $p < 0.01$). Se registraron, además, diferencias entre la longitud total de machos y hembras (ANOVA $F1, 584 = 3.57$, $p < 0.01$), siendo las hembras significativamente más grandes (media = 24.8 cm) que los machos (23.5 cm). Los tamaños de las lisas examinadas fueron muy similares a los reportados en otros estudios en la región del Pacífico mexicano. Por ejemplo, Fajer-Avila et al. (2006) reportan tallas de 21.23 ± 1.94 y 21.33 ± 1.95, en dos estuarios localizados en el estado de Sinaloa; mientras que para la laguna de Chautengo, Gro., Morales-Martínez et al. (2022) reportan una talla de 19.3 ± 1.14 cm. No obstante, la talla mínima de captura establecida en México para esta especie es de 28 cm, con un periodo de veda que comprende del 1 de abril al 30 de junio (Salgado-Cruz et al., 2021). Por otra parte, la talla de primera madurez estimada para los machos es de 26.8 cm y de 28.6 para las hembras (Salgado-Cruz et al., 2021), por lo que se estima que la mayoría de los peces examinados en el presente estudio no habían tenido aún la oportunidad de reproducirse al menos una vez durante su vida. En este sentido, la falta de regulación en las capturas de *M. curema* puede llegar a generar una reducción drástica de las poblaciones de esta especie en las lagunas costeras del estado.

Composición de la parasitofauna

El número total de ejemplares de *M. curema* examinados en las cinco lagunas estudiadas fue de 585; los porcentajes de peces infectados fueron altos en todas las lagunas (> 80%), siendo cercanos al 100% en la de Tres Palos (97.5%). Un mayor porcentaje de peces (media = 29%) presentó 2 especies de parásitos por hospedero infectado, y solo el 1.4% presentó hasta 5 especies de parásitos distintas (gráfica 7.1).

Se ha establecido que la estrecha relación que mantiene la lisa con el sedimento de las lagunas costeras, debido a sus hábitos detritívoros, así como a que es predado por muchas especies de peces, aves y mamíferos, origina que sea infectada por diferentes especies de parásitos metazoarios

Gráfica 7.1. *Distribución del número de especies de parásitos entre los ejemplares de M. curema, en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero*



Notas: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3Pa = Tres Palos.
Fuente: elaboración propia.

(Fajer-Avila et al., 2006). No obstante, los niveles de infección pueden variar de acuerdo con las condiciones del hábitat, como lo indican los presentes resultados. En la laguna de Mitla por ejemplo, las infecciones fueron más bajas (figura 7.1), lo cual puede atribuirse a las mejores condiciones ambientales de esta laguna (Contreras-Espinosa y Warner, 2004).

Tabla 7.2. *Parámetros de infección de las especies de parásitos de la lisa M. curema en cinco lagunas del estado de Guerrero*

	Coyuca 2023May		*Coyuca 2024Ago*		*Mitla 2023Sep*		*Mitla 2024Oct*		*Nuxco 2024Sep*		*Tecomate 2024Mar*		*Tres Palos 2024Feb*	
Parásitos	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]
Digenea														
Ascocotyle (*Phagicola*) *longa* L (Sa, Al) G	48.8(10.3)	66[1-137]	17.0(7.84)	37[1-216]	72.6(37.3)	216[1-242]	57.1(10.2)	715[2-93]	68.7(18.4)	763[1-158]	44.7(16.4)	73[2-190]	66.7(61.1)	950[1-808]
Austrodiplostomum compactum L (D, Al) G	2.38(0.05)	[0-2]	3.19(0.03)	[0-1]	17.7(0.27)	0[1-3]							1.23(0.01)	[0-1]
Clinostomum tataxumui L (D, Al) G					0.88(0.05)	[0-6]								
Saccocoelioides lamothei A (Sa, Au) G	28.6(4.02)	38[1-51]	7.4(0.11)	0[1-3]									7.4(1.09)	8[2-36]
Forticulcita isabelae (Sa, Au) E	4.7(0.07)	[1-2]												
Monogenea														
Ligophorus mugilinus A (M, Au) E			34.0(1.22)	15[1-15]	0.88(0.05)	[0-6]	1.43(0.07)	[0-5]			2.13(0.02)	[0-1]	32.1(1.98)	60[1-86]
Cestoda														
Parvitaenia cochlearii L (Sa, Al) G					1.43(0.01)	[0-1]								
Acanthocephala														
Floridosentis mugilis A (M, Au) E	22.6(0.38)	33[1-3]	3.19(0.13)	12[1-10]					27.1(0.75)	72[1-7]	51.1(4.38)	206[1-99]	2.47(0.02)	2[0-1]
Neoechinorhynchus brentnickoli J (Sa, Au)					0.88(0.01)	[0-1]								
Pseudoleptorhynchoides lamothei J (Sa, Au) E							25.7(0.63)	4[1-9]					12.3(0.22)	8[1-4]
Nematoda														
Capillaria sp. A (Sa, Au) G	3.57(0.04)	[0-1]					4.29(0.39)	7[1-16]						

Contracaecum multipapilatum L (Sa, Al) G	27.4(0.36)	0[1-3]	53.2(1.32)	24[1-31]	61.9(1.72)	94[1-55]	68.6(2.66)	86[1-93]	78.8(2.18)	09[1-13]	59.6(3.15)	48[1-66]	3.1(1.30)	05[1-22]
Copepoda														
Ergasilus lizae A (M, Au) E	53.6(3.08)	59[1-33]	57.4(1.47)	38[1-10]	46.9(1.32)	49[1-8]	61.4(3.27)	29[1-58]			23.4(0.60)	28[1-9]	77.8(4.28)	347 [1-32]
Bomolochus sp. (M, Au) G			2.13(0.02)	2[0-1]							2.13(0.02)	1[0-1]		
Brachyura														
Argulus sp. A (Sa, Au) G			1.06(0.01)	1[0-1]	2.65(0.03)	3[1-1]								

Notas: P = prevalencia, (A) = abundancia promedio, T = número total de parásitos [rango] = número mínimo y máximo de parásitos. Estadio: A = adulto, J = juvenil, L = larva. Origen: D = dulceacuícola, M = marino, Sa = salobre. Estrategia de colonización: Au = autogénica, Al = alogénica. Especificidad hospedatoria: E = especialista, G = generalista.

Fuente: elaboración propia.

La parasitofauna de *M. curema* estuvo constituida por un total de 15 especies de parásitos: una de monogeneo, 5 de digéneos, 1 cestodo, 3 acantocéfalos, 2 nematodos y 3 crustáceos (2 copépodos y 1 braquiuro). De acuerdo con el sitio de infección, 4 especies se clasificaron como ectoparásitos y 11 como endoparásitos (tabla 7.2). Además cinco especies de endoparásitos se clasificaron como alogénicas, debido a que ellas maduran en aves ictiófagas que habitan en las lagunas costeras *[Ascocotyle (Phagicola) longa, Austrodiplostomum compactum, Clinostomum tataxumui, Parvitaenia cochlearii* y *Contracaecum multipapilatum]*. Mientras que las 10 especies restantes se clasificaron como autogénicas, debido a que maduran en peces de diferente origen. El número total de endoparásitos fue mayor al de los ectoparásitos en todas las lagunas (tabla 7.3). Los grupos de endoparásitos mejor representados en *M. curema* fueron los digeneos y los acantocéfalos (5 y 3 especies, respectivamente). Muchos estudios parasitológicos efectuados en las regiones tropicales indican que los digeneos constituyen el grupo más abundante y diverso de helmintos parásitos en peces, de todos los ambientes acuáticos (Carpio, 2020; Luque y Poulin, 2007; Violante-González et al., 2007;). La abundancia de especies de digeneos en ambientes dulceacuícolas tropicales se ha relacionado con las temperaturas cálidas y la alta productividad que presentan estos sistemas acuáticos, lo cual favorece el desarrollo de grandes poblaciones de moluscos (Violante-González et al., 2007). En las lagunas costeras, los digéneos estuvieron representados principalmente por especies alogénicas (3 de 5 especies) que emplean a la lisa como hospedero intermediario.

Sin embargo, los acantocéfalos son considerados como parásitos muy poco comunes entre los peces dulceacuícolas de México (Salgado-Maldonado et al., 2004). La presencia de hasta 3 especies de acantocéfalos *(Floridocentis mugilis, Neoechinorhynchus brentnickoli* y *Pseudoleptorhynchoides lamothei)* infectando a *M. curema* en la mayoría de las lagunas estudiadas puede ser atribuida a la alta productividad que presentan estos sistemas estuarinos (Violante-González et al., 2007). Esto favorece el incremento de poblaciones de zooplancton y microcrustáceos-bentónicos, los cuales actúan como hospederos intermediarios de estos parásitos (Marcogliese, 1995; Violante-González et al., 2007). Esta alta productividad también puede explicar la alta prevalencia del copépodo *Ergasilus lizae*, el

cual es considerado un parásito especialista de mugílidos, pero que puede sobrevivir en ambientes estuarinos debido a su alta tolerancia fisiológica a los cambios en la salinidad (Conroy y Conroy, 1986).

Variación espacio y temporal de los niveles de infección

De las 15 especies de parásitos identificadas, solo dos se registraron en todas las lagunas y años de muestreo *[Ascocotyle (Ph.) longa* y *Contracaecum multipapilatum,* tabla 7.2]. El análisis espacial de los niveles de infección mostró que 7 especies presentaron variaciones significativas en su prevalencia de infección entre las diferentes lagunas. El monogeneo *Ligophorus mugilinus* (G = 85.1, $p < 0.05$) y el digeneo *Saccocoelioides lamothei* (G = 20.6, $p < 0.05$) presentaron porcentajes de infección más altos en la laguna de Coyuca, mientras que las larvas de los digeneos *A. (Ph.) longa* (G = 41.2, $p < 0.05$) y *Austrodiplostomum compactum* (G = 29.5, $p < 0.05$) fueron más prevalentes en Mitla. El acantocéfalo *F. mugilis* (G = 75.3, $p < 0.05$) infectó a un mayor porcentaje de peces en Tecomate, el copépodo *E. lizae* (G = 30.3, $p < 0.05$), a peces de Tres Palos y el nematodo *C. multipapilatum* (G = 22.4, $p < 0.05$) fue más prevalente en la laguna de Nuxco.

Las abundancias de estas especies de parásitos a excepción de *A. compactum* y *C. multipapilatum* ($p > 0.05$) variaron también de manera significativa a lo largo del tiempo ($p < 0.01$), y fueron más abundantes en las mismas lagunas en que registraron sus prevalencias más altas (tabla 7.2). De manera general, los valores de prevalencia correlacionaron positivamente con los de las abundancias de las especies de parásitos, confirmando que las especies más prevalentes en cada una de las lagunas fueron también las más abundantes (rs = 0.886, $p < 0.01$).

Poulin (2006) señaló que la variación en los niveles de infección (prevalencia, intensidad y abundancia) constituyen un patrón muy común entre cualquier especie de parásito. Las variaciones espaciales y temporales observadas en los parámetros de infección de siete de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes que infectaron a *M. curema* sugieren que los procesos de transmisión de estas especies de parásitos, pueden ex-

perimentar fluctuaciones estacionales dentro de una misma laguna costera (Carpio, 2020), así como también variaciones entre los sistemas lagunares, debido a las diferencias físico-químicas e hidrológicas que presenta cada una ellas (Contreras-Espinosa y Warner, 2004; Violante-González et al., 2010). Las diferentes condiciones ambientales que presentan estas lagunas costeras ocasionan cambios en la composición de la dieta de las lisas, así como en la disponibilidad de hospederos intermediarios, afectando los niveles de infección de las especies de endoparásitos (Violante-González et al., 2010). Por lo tanto, los factores relacionados con las características ambientales del hábitat en que viven los hospederos pueden afectar la estructura y la composición de especies de sus comunidades de parásitos (Mwita y Nkwengulila, 2008; Tavares y Luque, 2008; Violante-González et al., 2010).

Estructura de las comunidades componente

La riqueza de especies de parásitos registrada a nivel de lagunas y años de muestreo (comunidades componente) en *M. curema* (tabla 7.3), varió de manera significativa de 3 (Nuxco 2024) a 9 especies (Coyuca 2024) ($t = 5.29$, $p < 0.01$). En tanto que el número total de parásitos de cada comunidad varió también significativamente de 1 142 a parásitos a 5 164 parásitos ($t = -4.51$, $p < 0.01$). La diversidad de especies calculada a partir del exponencial del índice de Shannon-Wiener (1D), varió de 3.30 (Tres Palos 2024) a 7.73 (Mitla 2023) ($t = 3.09$, $p < 0.05$).

Poulin (1998) señala que la riqueza de las comunidades componentes es influenciada por la disponibilidad local de especies de parásitos y de su probabilidad de colonización. Este autor sugiere, además, que el número teórico máximo de especies que puede presentar una comunidad componente será determinado por el tamaño de la parasitofauna local. En el caso de *M. curema* la parasitofauna global fue de 15 especies, sin embargo, al parecer no todas las especies estuvieron presentes en todas las lagunas estudiadas, debido a que en algunas como Nuxco y Tecomate, la riqueza de especies fue más baja (tabla 7.3). Por otra parte, algunos parásitos como el acantocéfalo *F. mugilis,* considerado un parásito especialista de mugílidos, no infectó lisas de la laguna de Mitla (tabla 7.2). Este acantocéfalo es una

especie marina, aunque tolera amplios rangos de salinidad, debido a que se registró en lagunas oligohalinas (salinidad < 6 ups) como Coyuca y Tres Palos. No obstante, su ausencia en Mitla puede estar relacionada con la pérdida de comunicación de esta laguna con el mar (falta de una barra de arena), debido a que solo se comunica con la laguna de Coyuca, por medio de un canal meándrico bastante largo (18 km, Castillo-Elías et al., 2017). Por lo tanto, en Mitla *M. curema* es infectada principalmente por especies de parásitos de origen dulceacuícola (9 especies, tabla 7.3).

Tabla 7.3. *Características de las comunidades de parásitos de M. curema en cinco lagunas del estado de Guerrero*

Laguna	*Año*	*No. de peces*	*Long (cm)*	*CV*	*Riqueza*	*Ecto*	*Endo*	*No. de parásitos*	*IBP*	*Especie dominante*	*1D*
Coyuca O	2023May	84	23.5±4.1	17.4	8	59	279	1538	0.563	Asco	7.73
Coyuca	2024Ago	94	23.2±2.2	9.59	9	56	86	1142	0.645	Asco	7.39
Mitla O	2023Sep	113	23.4±2.2	9.50	8	58	447	4605	0.916	Asco	2.50
Mitla	2024Oct	70	26.3±2.2	8.29	7	34	73	1207	0.592	Asco	7.56
Nuxco Pol	2024Sep	96	22.3±2.6	11.6	3	00	044	2044	0.863	Asco	2.88
Tecomate Pol	2024Mar	47	25.2±1.6	6.55	6	0	127	1157	0.668	Asco	5.62
Tres Palos O	2024Feb	81	21.2±7.7	36.4	8	07	164	5671	0.873	Asco	3.20

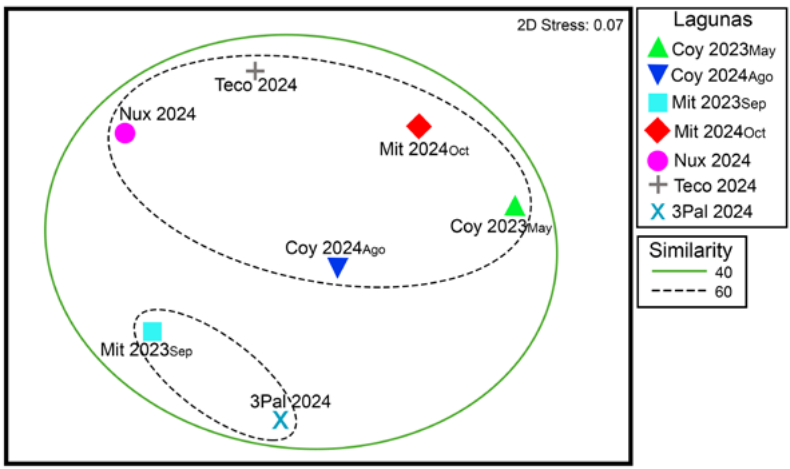
Notas: CV = coeficiente de variación, EBP = índice de Berger-Parker, 1D = exponencial del índice de Shannon-Wiener. O = oligohalina (< 6 ups), Pol = polihalina (> 10 ups). Long = longitud total, CV = coeficiente de variación, IBP = índice de Berger-Parker, 1D = exponencial del índice de Shannon-Wiener, Asco = *Ascocotyle (Ph.) longa.*

Fuente: elaboración propia.

La similitud entre las comunidades componentes (laguna/año) de la lisa varió ampliamente de 26.6% (Tecomate 2024-Tres Palos 2024) a 87.1% (Mitla 2023-Tres Palos 2024) (media = 53.5). El gráfico resultante del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) utilizado para clasificar a las comunidades componentes con base en sus similitudes o diferencias, indicó que existió un gran agrupamiento de las comunidades a un nivel de similitud del 40% (figura 7.2); pero también una clara separación en dos grupos de comunidades a un nivel del 60%. El grupo principal integró a 5 de las comunidades componentes, mientras que el segundo solo incluyó a las comunidades de Mitla 2023 y Tres Palos 2024 (figura 7.2).

La distancia existente entre las localidades muestreadas se considera como uno de los mejores predictores de la similitud entre las comunidades

Figura 7.2. *Gráfico del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), de las comunidades componentes de M. curema*



Nota: Las elipses representan los niveles de similitud registrados, entre las comunidades componentes.
Fuente: elaboración propia.

de parásitos. En este sentido, se considera que los hospederos localizados en hábitats cercanos entre sí se encontrarán expuestos a un *pool* de parásitos muy similar, a diferencia de aquellos localizados en hábitats muy distantes (Poulin y Valtonen, 2002; Violante-González et al., 2010). Sin embargo, no obstante que la distancia entre las lagunas de Tecomate y Tres Palos es de solo unos 30 km, la similitud de las comunidades de la lisa fue más baja (26.6%) entre estas lagunas. Este resultado puede ser atribuido, por lo tanto, a que otros factores influya también en la similitud de las comunidades de parásitos de lagunas cercanas entre sí, tales como sus características biológicas y ambientales.

Las características de las lagunas, tales como su tamaño, aislamiento geográfico, condiciones ambientales y su ictiofauna, pueden tener también una gran influencia sobre la composición y riqueza de sus comunidades de parásitos. Hartvigsen y Kennedy (1993) señalaron que, debido a las diferencias ambientales existentes entre un lago y otro, la similitud entre sus comunidades de parásitos debería ser baja. Por lo tanto, las comunidades de parásitos de *M. curema* en las lagunas estudiadas pueden compartir algunas especies de parásitos, pero varían en su composición, debido a que

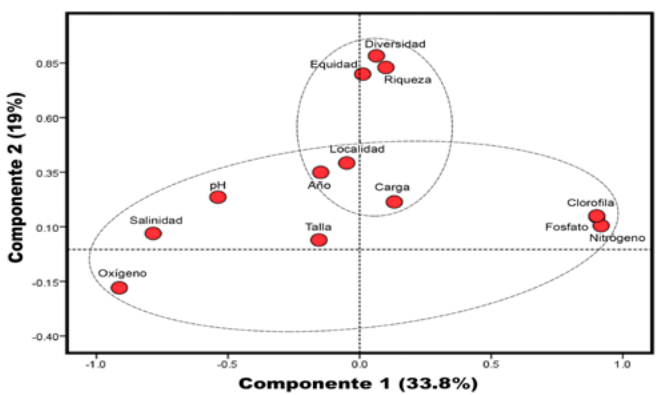
las características ambientales y biológicas de cada laguna, promueven diferencias en la composición, así como en los niveles de infección de sus especies de parásitos (Valtonen et al., 2001, Violante-González et al., 2010).

Influencia de los factores ambientales

En el análisis de componentes principales (ACP, figura 7.3), realizado para determinar la posible influencia de factores bióticos y abióticos en la estructuración de las infracomunidades de parásitos de *M. curema*, las dos primeras variables componentes del modelo explicaron el 52.8% de la varianza total, contribuyendo respectivamente con el 33.8 % (autovalor = 4.39) y el 19.0 % (autovalor = 2.46). El modelo resultante sugirió que las características ambientales adversas de las lagunas, tales como las altas concentraciones de nitrógeno total, de fosfatos, de productividad primaria y niveles bajos de oxígeno fueron determinantes importantes de una alta riqueza, diversidad y carga de parásitos en las infracomunidades de parásitos, como en el caso de las lagunas de Tres Palos y Coyuca (figura 7.3).

Las lagunas costeras se encuentran entre los ambientes acuáticos de más alta productividad en el mundo y representan áreas de gran potencial

Figura 7.3. *Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales (ACP), sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y riqueza de especies de las infracomunidades de parásitos de M. curema, en cinco lagunas costeras del estado Guerrero*



Fuente: elaboración propia.

pesquero, debido a la gran cantidad de especies de peces que en ellas se capturan (Yáñez-Arancibia, 1978). No obstante, algunas lagunas del estado de Guerrero presentan altos niveles de eutrofización, lo cual se debe al vertido constante de desperdicios orgánicos, especialmente nitratos y fosfatos, los cuales estimulan el crecimiento de plantas y, de manera simultánea, de poblaciones de herbívoros. Esto favorece la producción a través de la cadena trófica, y los parásitos pueden beneficiarse del incremento en la abundancia de sus hospederos intermediarios (Valtonen et al., 1997; Zander, 1998). Por lo tanto, la eutrofización incrementa las tasas de parasitismo, ya que que un incremento en la productividad favorece el crecimiento de poblaciones de caracoles herbívoros y microcrustáceos bentónicos y pelágicos, los cuales actúan como hospederos intermediarios de muchas especies de endoparásitos (Valtonen et al., 1997; Zander, 1998).

Varios estudios señalan que cuerpos de agua con un alto grado de eutrofización pueden presentar grandes poblaciones de parásitos de diferentes especies, principalmente de parásitos alogénicos, que utilizan peces como hospederos intermediarios y aves ictiófagas como hospederos finales (Valtonen et al., 1997; Zander, 1998). No obstante que la parasitofauna global de *M. curema* (15 especies) incluyó solo 5 especies alogénicas (tabla 7.2), las cuales han sido registradas en aves ictiófagas de las lagunas de Tres Palos y Coyuca (Violante-González et al., 2015), su abundancia representó el 87% del total de parásitos recuperados de las lisas de todas las lagunas. Por lo que se puede establecer que las poblaciones de parásitos alogénicos caracterizan a las comunidades de parásitos de *M. curema*, en las lagunas costeras de Guerrero.

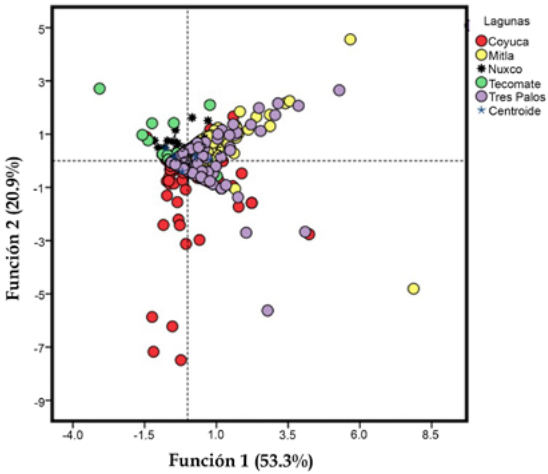
Diferencias en la composición de especies de parásitos entre las lagunas costeras

En el análisis discriminante que se utilizó para identificar posibles diferencias en la composición de especies de parásitos de *M. curema* entre las lagunas, el modelo resultante incluyó cinco variables discriminantes, de las cuales las dos primeras explicaron el 74.2% de la varianza total, contribuyendo con un 53.3% (autovalor = 0.207) y 20.9% (autovalor = 0.081), res-

pectivamente. Se observó un claro efecto de agrupamiento de los datos para cada una de las lagunas (Lambda de Wilks = 0.696, $p < 0.01$). Los valores de cada uno de los peces se distribuyeron principalmente a lo largo del primer eje discriminante (figura 7.4). Las pruebas de dimensionalidad indicaron que las poblaciones de peces de las 5 lagunas fueron separadas de manera significativa en ambas dimensiones (χ^2 g.l. = 209.80, $p < 0.01$).

Los ejemplares de *M. curema* se clasificaron correctamente a alguna de las 5 lagunas, con una exactitud del 40.5%. El porcentaje de asignaciones positivas debidas solo al azar se estimó en un 15%, por lo que la efectividad de este método en la separación de poblaciones de lisas mediante la abundancia de sus parásitos fue 2.7 veces mejor.

Figura 7.4. *Análisis discriminante para las comunidades de parásitos de M. curema, de cinco lagunas costeras del estado de Guerrero*



Nota: Los círculos representan cada uno de los peces examinados en cada laguna costera; Centroide = promedio del grupo.
Fuente: elaboración propia.

Solo el 20.2% de los peces examinados en la laguna de Mitla fueron asignados de manera correcta a esta misma laguna (tabla 7.4). Mientras que en el caso de Nuxco, hasta el 85.4% de los peces examinados fueron clasificados de manera positiva (tabla 7.4).

De las 7 especies de parásitos componentes seleccionadas para el análisis discriminante (es decir, con prevalencia > 10%), 6 fueron aceptadas

Tabla 7.4. *Números y porcentajes de ejemplares de M. curema asignados de manera correcta o incorrecta en cada laguna (las filas corresponden a miembros de una misma laguna)*

Laguna	*Coyuca*	*Mitla*	*Nuxco*	*Tecomate*	*3 Palos*	*%*
Coyuca	67	5	87	2	17	37.6
Mitla	34	37	77	0	35	20.2
Nuxco	0	0	82	11	3	85.4
Tecomate	3	0	30	11	3	23.4
Tres Palos	19	5	17	0	40	49.4
Parásitos						
Ergasilus sp.	0.132	0.133	–0.003	0.035	0.254*	
A. compactum	0.483	1.702*	–0.031	0.011	0.284	
A. (Ph). longa	0.002	0.008	0.006	0.004	0.019*	
Saccocoelioides lamothei	0.080*	–0.015	–0.007	–0.011	0.014	
F. mugilis	0.010	–0.007	0.036	0.238*	–0.018	
Ps. lamothei	0.033	0.749*	0.012	0.011	0.680	

Nota: Los asteriscos indican la importancia de cada especie de parásito para diferenciar grupos de peces.
Fuente: elaboración propia.

por el modelo resultante, con bse en sus menores valores de Lambda de Wilks. El digeneo *S. lamothei* permitió separar de manera satisfactoria peces de la laguna de Coyuca; en tanto que *A. compactum y* el acantocéfalo *S. lamothei* fueron efectivos para diferenciar peces de Mitla. Las altas abundancias del copépodo *E. lizae* y la larva del digeneo *A. (Ph.) longa* fueron características distintivas de los peces de Tres Palos. Finalmente, la abundancia del acantocéfalo *F. mugilis* permitió separar peces de la laguna de Tecomate.

Los análisis discriminantes han sido ampliamente utilizados para diferenciar poblaciones de una especie de hospedero con base en diferencias en los niveles de infección de algunos de sus parásitos comunes (Villalba-Vasquez et al., 2018). Seis de las siete especies de parásitos seleccionadas fueron efectivas en la separación de poblaciones de lisas de las 5 lagunas costeras, a partir de diferencias significativas en sus abundancias, lo cual confirma la efectividad de este método. Estas especies pueden, además, ser consideradas responsables de la estructuración de las comunidades de parásitos de *M. curema* en sus respectivas lagunas.

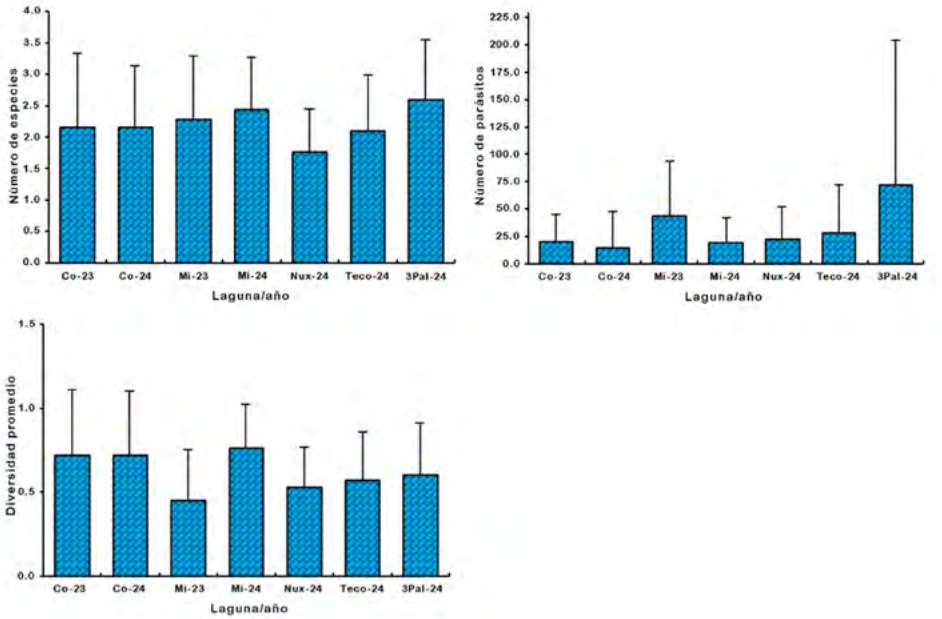
En la parte inferior de la tabla 7.4 se presenta la matriz de los coeficientes de clasificación de las especies de parásitos que permitieron establecer diferencias entre las lagunas: los asteriscos indican la importancia de cada especie de parásito para diferenciar grupos de peces.

Estructura de las infracomunidades

La riqueza promedio de especies en las infracomunidades de parásitos de *M. curema* varió entre 1.76 ± 0.69 (Nuxco 2024) a 2.59 ± 0.95 (Tres Palos 2024); en tanto que el número promedio de individuos parásitos fluctuó entre 14.64 ± 33.06 (Coyuca 2024) a 71.78 ± 132.76 (Tres Palos 2024). Los valores del índice de diversidad de Brillouin (H') fueron menores a 1 para todas las lagunas y variaron entre 0.45 ± 0.30 (Mitla 2023) a 0.76 ± 0.26 (Mitla 2024) (gráfica 7.4). Los parámetros de infracomunidad considerados variaron de manera significativa entre las lagunas costeras (GLM: $p < 0.01$), así como entre los años de muestreo, a excepción de la riqueza de especies. Considerando los datos agrupados de todas las lagunas, la longitud total de los peces sin considerar el sexo correlacionó positivamente con la riqueza de especies *(rs* = 0.108, $p < 0.01$), y con la carga parasitaria *(rs* = 0.114, $p < 0.01$).

Estudios que han efectuado comparaciones de la riqueza de especies de infracomunidades de parásitos de peces marinos y dulceacuícolas, indican que, en los marinos, son significativamente más ricas en especies (5.6 ± 3.2), que en las de los dulceacuícolas (2.8 ± 1.1 especies, Marcogliese 2001). Sin embargo, a pesar de que *M. curema* es una especie marina, la riqueza de sus infracomunidades de parásitos fue baja (1.76 a 2.59 especies); esta baja riqueza de especies puede ser explicada por su comportamiento migratorio. *Mugil curema* ingresa a las lagunas costeras en su etapa juvenil y pasa de 18 a 20 meses alimentándose dentro de ellas, antes de migrar nuevamente hacia el mar para reproducirse (Fajer-Avila et al., 2006; Yáñez-Arancibia, 1978). Durante su larga permanencia en las lagunas costeras, adquiere una gran variedad de parásitos generalistas, conservando solo a sus parásitos especialistas *(L. mugilinus, F. mugilis* y *E. lizae).* No obstante, los niveles de infección de algunas especies de parásitos alogéni-

Gráfica 7.2. *Parámetros de las infracomunidades de parásitos (± desviación estándard) de M. curema en cinco lagunas costeras*



Notas: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3Pal = Tres Palos.
Fuente: elaboración propia.

cos y autogénicos que la infectaron fueron muy bajos, como en los casos de *Clinostomum tataxumui* y *Parvitaenia cochlearii* (tabla 7.2). Estos parásitos alogénicos presentan altos niveles de infección en el popoyote *Dormitator latifrons*, otra especie detritívora que habita en las lagunas costeras de Guerrero; por lo que la baja susceptibilidad hospedatoria de *M. curema* para estos parásitos puede deberse a que no es un residente permanente de las lagunas costeras.

Por otra parte, el tamaño corporal del hospedero es considerado como un factor importante de estructuración de infracomunidades de parásitos de distintos ambientes. En los peces marinos, esta característica del hospedero ha demostrado ser uno de los principales predictores de la abundancia total y la riqueza de especies de parásitos (Baia et al., 2018; Carpio, 2020; Luque et al., 2004; Luque y Poulin, 2008). Un gran tamaño corporal puede facilitar la colonización de parásitos, debido a la exposición de una mayor superficie física; además, los individuos más grandes generalmente

consumen mayores cantidades de alimentos y son de mayor edad, por lo que han tenido más tiempo para acumular parásitos, en comparación con los individuos de menor tamaño (Sasal et al., 1997; Tavares y Luque, 2008). Los resultados de las correlaciones indicaron que los ejemplares de mayor tamaño de *M. curema* presentaron infracomunidades con un mayor número de especies y de parásitos, aunque no fueron más diversas debido a que fueron altamente dominadas por el heterófido *A. (Ph.) longa* (tabla 7.3).

Conclusiones

Los niveles de infección de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes (componentes) variaron entre las lagunas estudiadas debido a la influencia de sus condiciones ambientales. Las especies alogénicas, las cuales maduran en aves ictiófagas que habitan en las lagunas costeras, representaron el 87% del total de parásitos recuperados, destacando la importancia de la lisa como hospedero intermediario de estos parásitos, de ciclos de vida complejos. Los ejemplares de mayor tamaño de *M. curema* presentaron infracomunidades con un mayor número de especies y de parásitos, pero no una mayor diversidad, ya que fueron altamente dominadas por el heterófido *A. (Ph.) longa.*

Referencias

Baia, R. R. J., Florentino, A. C., Silva, L. M. A. y Tavares-Dias, M. (2018). Patterns of the parasite communities in a fish assemblage of a river in the Brazilian Amazon region. *Acta Parasitol, 63*, 304-316.

Bellay, S., De Oliveira, E. F., Almeida-Neto, M., Mello, M. A. R., Takemoto, R. M. y Luque, J. L. (2015). Ectoparasites and endoparasites of fish from networks with different structures. *Parasitology, 142*, 901-909.

Bellay, S., Oda, F. H., Campião, K. M., Yamada, F. H., Takemoto, R. M. y De Oliveira, E. F. (2018). Host-parasite networks: An integrative overview with tropical examples. En W. Dáttilo V. Rico-Gray (Eds.), *Ecological Networks in the Tropics*. Springer.

Bush, A. O., Laferty K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *The Journal Parasitology, 83*(4), 575-583.

Carpio, D. I. (2020). *Dinámica de la comunidad de parásitos del cuatete* Ariopsis guate-

malensis *(Günther, 1864), en dos lagunas costeras del Estado de Guerrero, México* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Castillo-Elías, B., Gervacio-Jiménez, H., Bedolla-Solano, R., García-Domínguez, Y. B. y Mendoza-Almazán, E. (2017). Evaluación de la calidad del agua en el canal meándrico lagunar de Coyuca de Benítez, Gro. *Revista Ibero Ciencias, 4*, 57-69.

Conroy, G. y Conroy, D. A. (1986). The salinity tolerance of *Ergasilus lizae* from silver mullet *(Mugil curema* Val., 1986). *European Association of Fish Pathologist, 6*(4), 108.

Contreras-Espinosa, F. y Warner, B. G. (2004). Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia, 511*, 233-245.

De la Lanza-Espino, G., Alcocer-Durand, J., Moreno-Ruiz, J. L. y Hernández-Pulido, S. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica, 18*, 21-30.

Escobedo, D. C. (2010). *Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa* [Tesis de Doctorado]. Instituto Politécnico Nacional.

Esch, G. W. (1971). Impact of ecological succession the parasite fauna in centrarchids from oligotrophic and eutrophic ecosystems. *The American Midland Naturalist, 86*, 160-168.

Esch, G. W. y Fernández J. C. (1993). *A functional biology of parasitism*. Chapman and Hall.

Fajer-Avila, E. J., García-Vásquez, A., Plascencia-González, H., Ríos-Sicairos, J., García-de-la-Parra, L. M. y Betancourt-Lozano, M. (2006). Copepods and larvae of nematodes parasiting the white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of anthropogenic impacts in tropical coastal lagoons? *Environmental Monitoring and Assessment, 122*, 221-237.

Hartvigsen, R. y Kennedy, C. R. (1993). Patterns in the composition and richness of helminth communities in brown trout, Salmo trutta, in a group of reservoirs. *Journal of Fish Biology, 43*(4), 603-615.

Johnson, P. T. J. y Carpenter S. R. (2008). Chapter four: Influence of eutrophication on disease in aquatic ecosystems: Patterns, processes, and predictions. En R. S. Ostfeld, F. Keesing y V. T. Eviner (Eds.), *Infectious disease ecology: The effects of ecosystems on disease and of disease on ecosystems* (pp. 71-99). Princenton University.

Lira, G. (1997). *Fauna helmintológica de dos especies de mugílidos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Luque, J. L. y Poulin, R. (2007). Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: Hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology, 134,* 865-878.

Luque, J. L. y Poulin, R. (2008). Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. *Journal of Fish Biology, 72,* 189-204.

Luque, J. L., Mouillot, D. y Poulin, R. (2004). Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitology, 128*, 671-682.

Magurran, A. (2004). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University.

Marcogliese, D. J. (1995). The role of zooplancton in the transmission of helminth parasites of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries, 5,* 336-371.

Marcogliese, D. J. (2001). Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal Zoology, 79*(8), 1331-1352.

Morales-Martínez, K. A., Muñoz-García, C., Figueroa-Delgado, A., Chávez-Güitrón, L., Osorio-Saravia, D., Saavedra-Montañez, M., Martínez-Maya, J. J., Rubio, J. M. y Villalobos, N. (2022). Parasite identification in mullet fish *(Mugil curema)* from Chautengo lagoon, Guerrero, Mexico, based on morphology and molecular analysis. *Experimental Parasitology, 240*.

Mwita, C. y Nkwengulila, G. (2008). Determinants of the parasite community of clariid fishes from Lake Victoria, Tanzania. *Journal of Helminthology, 82*(1),7-16.

Poulin, R. (1998). *Evolutionary ecology of parasites: From individuals to communities*. Chapman y Hall.

Poulin, R. (2006). Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *International Journal of Parasitology, 36*(8), 877-885.

Poulin, R. (2010). Network analysis shining light on parasite ecology and diversity. *Trends Parasitology, 26*, 492-498.

Poulin, R. y Valtonen, E. T. (2002). The predictability of helminth community structure in space: A comparison of fish populations from adjacent lakes. *International Journal for Parasitology, 10*, 1235-1243.

Salgado-Cruz, L., Quiñonez-Velázquez, C., García-Domínguez, F. A., Pérez-Quiñonez, C. I. y Aguilar-Camacho, V. (2021). Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía, 56*, 50-65.

Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Pineda-López, R., Caspeta-Mandujano, J. M., Aguilar-Castellanos, E. y Mercado-Silva, N. (2004). Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, east central Mexico. *Comparative Parasitology, 71*, 190-202.

Santos, J. R., Esteves-Silva, P. H., Costa-Campos, C. E. y Tavares-Dias, M. (2021). Ectoparasites infecting *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) in Amapá state estuary, in the northern Brazilian coast region. *Journal of Parasitic Diseases, 45,* 1065-1070.

Sasal, P., Morand, S. y Guégan, J. F. (1997). Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Marine Ecology Progress Series, 149*, 61-71.

Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: A global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, *10*, 126-139.

Tavares, L. E. R. y Luque, J. L. (2008). Similarity between metazoan parasite communities of two sympatric brackish fish species from Brazil. *The Journal Parasitology, 94*, 985-989.

Trape, S., Durand, J. D., Guilhaumon, F., Vigliola, L. y Panfili, J. (2009). Recruitment patterns of young-of-the-year mugilid fishes in a West African estuary impacted by climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 85*(3), 357-367. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.08.018

Valtonen, E. T., Holmes J. C. y Koskivaara, M. (1997). Eutrophication, pollution and fragmentation: Effects on parasite communities in roach *(Rutilus rutilus)* and perch *(Perca fluviatilis)* in four lakes in Central Finland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54*(3), 572-585.

Valtonen, E. T., Pulkinen, K., Poulin, R. y Julkunen, M. (2001). The structure of parasite

component communities in brackish water fishes of the northeastern Baltic Sea. *Parasitology, 122*, 471-481.

Villalba-Vasquez, P. J., Violante-González, J., Monks, S., Marino-Romero, J. U., García-Ibáñez, S., Rojas-Herrera, A. A., Flores-Garza, R. y Rosas-Guerrero, V. (2018). Temporal and spatial variations in the metazoan parasite communities of the Panama spadefish, *Parapsettus panamensis* (Pisces: Ephippidae), from the Pacific coast of Mexico. *Invertebrate Biology, 137*, 339-354.

Violante-González, J. y Aguirre-Macedo, M. L. (2007). Metazoan parasites of fishes from Coyuca Lagoon, Guerrero, Mexico. *Zootaxa, 1531*, 39-48.

Violante-González, J., Aguirre-Macedo, M. L. y Mendoza-Franco, E. F. (2007). A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research, 102*,151-161.

Violante-González, J., Mendoza-Franco, E. F., Rojas-Herrera, A. y 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*, 59-66. https://doi.org/10.1007/s00436-010-1834-x

Violante-González, J., Pulido-Flores, G., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., Melo-García, M. A., García-Ibáñez, S., Esparza-Ibarra, E. L., Larumbe-Morán, E. y Carbajal-Violante, J. (2015). Importancia de las aves ictiófagas como hospederos finales de helmintos, en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. En G. Pulido-Flores, S. Monks y M. Lopez-Herrera (Eds.), *Estudios en biodiversidad* (vol. 1, pp. 104-120). Zea.

Wisniewski, W. L. (1958). Characterization of the parasitofauna of a eutrophic lake. *Acta Parasitologica Polonica 6*, 1-64.

Yáñez-Arancibia, A. (1978). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. *Publicaciones Especiales Instituto Ciencias del Mar y Limnología, 2*, 1-306.

Zander, C. D. (1998). Ecology of host parasite relationships in the Baltic Sea. *Naturwiseenschaften, 85*, 426-436.

Zander, C. D. y Reimer, L. W. (2002). Parasitism at the ecosystem level in the Baltic Sea. *Parasitology, 124*, 119-135.

8. Efecto de las infecciones parasitarias en las poblaciones de lisa *Mugil curema* de lagunas costeras del estado de Guerrero

Juan Violante González[1]
Aldo Díaz Gallegos[2]
Yesenia Gallegos Navarro[3]
Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez[4]
Erick Rodríguez Ibarra[5]
Jonatan Carbajal Violante[6]
Guadalupe Quiterio Rendon[7]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.08

Resumen

Las condiciones ambientales existentes en las lagunas costeras pueden llegar a afectar la condición física de los peces, haciéndolos más susceptibles a las infecciones parasitarias. Con el objetivo de determinar el posible efecto de las cargas parasitarias sobre el estado de salud de poblaciones de lisa *Mugil curema* se llevaron a cabo muestreos anuales entre febrero de 2021 y octubre de 2024 en cinco lagunas costeras. Los peces de la mayoría de las lagunas estudiadas presentaron un crecimiento isométrico. Los digeneos y los acantocéfalos fueron los grupos de parásitos mejor representados. Se registró

[1] Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6291-8763; correo electrónico: viojuang@yahoo.com.mx
[2] Maestro en Recursos Naturales y Ecología. Estudiante de doctorado en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-6853-7663
[3] Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de investigación adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9366-6162
[4] Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8027-608X
[5] Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2930-8709
[6] Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-7725-8128
[7] Doctora en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Profesional de proyecto adscrita al Comité de Sanidad Acuícola del estado de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2359-7589

una correlación positiva entre las abundancias de algunas especies de parásitos y la longitud de los peces. Los valores del factor de condición de Foulton (FC) variaron entre las lagunas y fueron negativamente correlacionados con las abundancias de cuatro de las especies de parásitos, así como con la riqueza y el número de parásitos a nivel infracomunidad.

Palabra clave: *Mugil curema, cargas parasitarias, infracomunidad.*

Introducción

Las infecciones parasitarias suelen ser muy comunes entre las poblaciones de peces silvestres. Incrementos anormales en los niveles de infección de algunas especies de parásitos pueden afectar la condición física de los peces, ocasionando pérdidas económicas importantes a las pesquerías locales. Por lo tanto, es importante tratar de identificar los factores que influyen en la distribución de las especies de parásitos entre las poblaciones de peces; así como determinar qué especies pueden ser más susceptibles a las infecciones, principalmente en el caso de aquellas con alto potencial acuícola (Tavares-Dias y Neves, 2017). Debido a esto, el estudio de los posibles efectos adversos de los parásitos sobre sus hospederos ha sido uno de los principales objetivos de varios estudios parasitológicos de peces dulceacuícolas y estuarinos (Guidelli et al., 2011; Lizama et al., 2006; Tavares-Dias et al., 2000; Tavares-Dias y Neves, 2017). Se han utilizado varios métodos para tratar de evaluar el estado de salud de los peces, como el empleo de biomarcadores químicos (metabólicos, de estrés oxidativo, inmunológicos, bioquímicos, etc.); sin embargo, las respuestas de estos biomarcadores pueden ser bastante variables y, en ocasiones, un tanto contradictorias (Oliveira et al., 2024). Su empleo requiere, además, del uso de laboratorios y de personal capacitado, lo que los hace métodos bastante costosos (Maceda-Veiga et al., 2014). Las limitaciones de los biomarcadores químicos pueden, por lo tanto, explicar la gran popularidad que tienen actualmente los índices de condición física, basados en relaciones longitud-peso (Guidelli et al., 2011; Lizama et al., 2006; Tavares-Dias et al., 2000; Tavares-Dias y Neves, 2017; Maceda-Veiga et al., 2016). Estos índices permiten realizar interpretaciones

fáciles y confiables del estado de salud de los peces, debido a que representan el peso de cada individuo a un tamaño corporal estandarizado (Maceda-Veiga et al., 2016). Constituyen, por lo tanto, un método bastante eficaz para evaluar los efectos causados por los parásitos sobre sus hospederos. El principal argumento en que se basan estos índices es que se esperan efectos negativos sobre la condición física de los hospederos altamente infectados, debido a que esta es una característica inherente del parasitismo (Guidelli et al., 2011, Maceda-Veiga et al., 2016).

La lisa *Mugil curema* es un pez eurihalino que ingresa a las lagunas costeras y estuarios durante su etapa juvenil, permaneciendo dentro de estos sistemas acuáticos hasta alcanzar su estado adulto; posteriormente migra al medio marino para reproducirse (Salgado-Cruz et al., 2021; Santos et al., 2021; Trape et al., 2009). Durante su estancia dentro de las lagunas costeras, la lisa es generalmente infectada por larvas de parásitos que maduran en aves acuáticas, o en peces residentes. Su parasitofauna es ya conocida en al menos tres lagunas costeras del estado de Guerrero (Violante-González et al., 2007; Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007; Morales-Martínez et al., 2022). Sin embargo, se desconoce si los parásitos que la infectan dentro de las lagunas costeras afectan su estado de salud, lo cual podría poner en riesgo a las poblaciones locales. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo principal utilizar dos de los índices de condición física más utilizados en peces para evaluar el estado de salud de las poblaciones de lisas de cinco lagunas costeras del estado de Guerrero.

Colecta y procesado de los peces

Entre febrero de 2021 y octubre de 2024 se examinaron un total de 972 lisas, obtenidas a partir de las capturas comerciales que se llevan a cabo regularmente en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero: Tecomate (16° 41’ N, 99° 19’ O, n = 47), Tres Palos (16° 48’ N, 99° 47’ O, n = 468), Coyuca (16° 57’ N, 100° 02’ O, n = 178), Mitla (16° 59’ N, 100° 14’ O, n = 183) y Nuxco (17° 11’ N, 100° 47’ O, n = 96). A cada uno de los peces se les tomaron sus biometrías más importantes, como la longitud total, el peso total y el sexo. Se estimaron los parámetros de la relación longitud-peso para las po-

blaciones de cada una de las lagunas, así como para cada uno de los muestreos. El factor de condición relativa (*Kn*) de cada uno de los peces se obtuvo con base en el método propuesto por Le Cren (1951). De acuerdo con este método, los valores de los parámetros *a* y *b* de cada una de las relaciones longitud-peso se utilizaron para obtener los pesos teóricos (We), a partir de la ecuación We = *a* Lt *b*. Posteriormente, el factor de condición relativo se obtuvo como la proporción entre el peso observado y el calculado para cada uno de los peces (*Kn* = Wt/We). En tanto que el factor de condición de Fulton se calculó mediante la fórmula: *FC* = Wt/Lt 3, donde Wt = peso total y Lt = longitud total.

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (H) para determinar posibles diferencias en los factores de condición entre las lagunas, debido a que las condiciones ambientales pueden influir en el estado de salud de los peces. La prueba de U de Mann-Whitney se empleó para establecer diferencias en los factores de condición entre sexos.

Caracterización de las infecciones y de las comunidades de parásitos

Para caracterizar las infecciones de cada una de las especies se emplearon tres de los parámetros de infección más utilizados en los estudios parasitológicos: (a) prevalencia, (b) abundancia promedio y (c) número total de parásitos de cada especie (Bush et al., 1997). Se utilizó el estadístico no paramétrico G para determinar si existían diferencias significativas en los porcentajes de infección de las especies de parásitos entre las lagunas y años de muestreo. En tanto que para determinar diferencias entre las abundancias, se empleó el modelo lineal general (MLG). Se aplicaron, además, pruebas de correlación por rangos de Spearman (*rs*) para determinar si existía relación entre la abundancia de cada especie de parásito y la longitud de los hospederos o los factores de condición *Kn* y *FC* ($p \leq 0.05$).

La descripción de las comunidades de parásitos se efectuó al nivel de infracomunidad (número total de especies de parásitos en cada pez), utilizando los siguientes parámetros: número promedio de especies, número promedio de parásitos, diversidad promedio, expresada mediante el

índice Brillouin (*H'*), y el índice de infracomunidad *ICI*, utilizado para determinar qué especies fueron las que contribuyeron en un mayor grado a la estructuración de las infracomunidades (Zander, 2004). Las diferencias entre los parámetros de infracomunidad se determinaron mediante el MLG.

Resultados y discusión

Características del hospedero

La longitud total promedio de los peces varió significativamente de 14.0 ± 8.1 cm a 26.3 ± 2.2 cm entre las lagunas y los años y de muestreo (ANOVA: $F10, 971 = 49.60$, $p < 0.01$). La proporción de sexos M:H fue de 0.42:1, favoreciendo a las hembras. Un 23% de las lisas fueron organismos inmaduros o juveniles (media = 11.19 cm), por lo que no fueron sexados. Las hembras fueron significativamente más grandes (24.23 ± 2.95) que los machos (23.17 ± 2.05) (ANOVA: $F2, 744 = 30.19$, $p < 0.01$).

Los valores de los parámetros de la relación longitud-peso sin considerar el sexo (tabla 8.1) indicaron que el crecimiento de las lisas fue bastante homogéneo entre un año y otro para una misma laguna, como en los casos de Coyuca (≈ isométrico) y Mitla (alométrico negativo). En Tres Palos el crecimiento fue principalmente de tipo isométrico ($b = 3$), a excepción de uno de los muestreos ($b = 2.83$). De manera general, los valores del coeficiente b no fueron diferentes de 3 ($t = -0.936$, $p = 0.369$).

No obstante que las tallas de las lisas examinadas en el presente estudio fueron muy similares a las reportadas en otras localidades, como Sinaloa (21.33 ± 1.95, Fajer-Avila et al., 2006) o Guerrero (19.3 ± 1.14 cm, Morales-Martínez et al., 2022), en Baja California Sur se han reportado tallas de 25.4 a 45.5 cm de longitud total (Salgado-Cruz et al., 2021). La talla de primera madurez sexual estimada para machos y hembras de *M. curema* es de 26.8 y 28.6 cm, respectivamente (Salgado-Cruz et al., 2021); por lo que los peces examinados fueron principalmente juveniles y subadultos, debido a que las lisas ya maduras regresan al medio marino para reproducirse (Salgado-Cruz et al., 2021; Santos et al., 2021). La diferenciación se-

Tabla 8.1. *Parámetros de la relación longitud peso y factores de condición para la lisa M. curema, en cinco lagunas del estado de Guerrero*

Laguna	*Año/mes*	*No. de peces*	*Talla (cm)*	*CV*	*a*	*b*	*R2*	*Kn*	*FC*
Coyuca	2023May	84	23.5±4.1	17.4	0.0096	2.9714	0.9879	1.0020	0.8799
	2024Ago	94	23.2±2.2	9.59	0.0098	2.9783	0.9523	0.9989	0.9148
Mitla	***2023Sep***	***113***	***23.4±2.2***	***9.50***	***0.0256***	***2.6905***	***0.9120***	***0.9986***	***0.9654***
	2024Oct	70	26.3±2.2	8.29	0.0507	2.4763	0.8828	1.0040	0.9204
Nuxco	2024Sep	96	22.3±2.6	11.6	0.0073	3.0577	0.9666	1.0089	0.8805
Tecomate	2024Mar	47	25.2±1.6	6.55	0.002	3.4606	0.9262	0.9891	0.8728
Tres Palos	2021Feb	55	21.4±1.4	6.49	0.0077	3.0466	0.9454	1.0060	0.8935
	2021Oct	121	16.9±8.6	50.6	0.0149	2.8392	0.9966	1.0049	0.9840
	2022May	54	21.3±1.8	8.56	0.0092	3.0013	0.9188	1.0033	0.9259
	2022Oct	157	14.0±8.1	57.5	0.0121	2.9055	0.9927	1.0033	0.9631
	2024Feb	81	21.2±7.7	36.4	0.0117	2.9099	0.9980	1.0041	0.9004

Notas: CV = coeficiente de variación; a, b = parámetros de la relación longitud-peso; Kn = Factor de condición relativa; FC = factor de condición de Fulton.
Fuente: elaboración propia.

xual en cuanto al tamaño de machos y hembras, es un patrón bastante común que se observa entre las poblaciones de peces marinos. En la mayoría de los estudios sobre poblaciones de *M. curema* se reportan hembras de mayor tamaño y peso, en comparación con los machos (Ibáñez y Colin, 2014; Salgado-Cruz et al., 2021).

La proporción de sexos, al igual que la estructura de tallas, constituyen información básica para evaluar el potencial reproductivo y estimar el tamaño del *stock* en poblaciones de peces (Carpio, 2020; Mitu et al., 2019). En *M. curema* se observó también una variación en la proporción de sexos, la cual favoreció a las hembras (0.42:1). Algunos estudios reportan también una variación en la proporción de sexos favorable a las hembras, en poblaciones de *M. curema* (Ibáñez y Colín 2014, Salgado-Cruz et al., 2021). Se han sugerido algunas hipótesis para tratar de explicar estas variaciones, como la segregación por clases de edad y sexo que presenta la especie, o bien debido a diferencias en las tasas de mortalidad, crecimiento, longevidad e inicio de la madurez sexual de cada sexo (Ibáñez y Colín, 2014; Salgado-Cruz et al., 2021).

Las estimaciones de los parámetros de crecimiento de las especies de peces son de gran importancia para la ordenación de las pesquerías y la comprensión de la biología de las poblaciones. Las relaciones longitud-peso permiten realizar comparaciones entre las poblaciones, basadas en el rendimiento del crecimiento de los peces (Antonetti et al., 2013; Carpio, 2020; Frota et al., 2004).

Los resultados obtenidos en las lagunas costeras sugieren que el crecimiento de la lisa es principalmente de tipo isométrico (a excepción de Mitla, tabla 8.1), lo cual contrasta con lo reportado para esta especie por Ibáñez y Colín (2014) y Salgado-Cruz et al. (2021), quienes observaron un crecimiento de tipo alométrico negativo *(b* < 3). De acuerdo con Froese (2006), el valor del parámetro *b* es muy sensible a la intensidad del muestreo, por lo que el menor rango de tallas utilizado en algunos muestreos como en los de Mitla (CV = 8.29 y 9.5, tabla 8.1), pudo haber influido en los resultados obtenidos para esta laguna. En este sentido, se ha sugerido que se pueden obtener valores bajos de *b* cuando se incluyen peces juveniles y menos robustos en las relaciones longitud-peso (Salgado-Cruz et al., 2021).

El factor de condición es un parámetro cuantitativo que refleja el estado de bienestar de los peces, el cual determina el éxito poblacional presente y futuro, debido a su influencia en el crecimiento, la reproducción y la supervivencia (Carpio, 2020; Mitu et al., 2019). Los resultados obtenidos para los factores de condición fueron generalmente iguales a uno, en el caso del *Kn* y < 1 para el *FC* (tabla 8.1). Un análisis de acuerdo con el sexo, indicó que el *Kn* no registró diferencias en la condición física de hembras y machos *(p* > 0.05); sin embargo, el FC sugirió que los machos presentaron una mejor condición (media = 0.9141), en comparación con las hembras (media = 0.9036) (U = 59741, $p < 0.01$). La comparación entre lagunas indicó nuevamente que solo para el FC se registraron diferencias significativas. De acuerdo con este índice, los peces de Tecomate presentaron una más baja condición física (media = 0.8728), en comparación con los de las otras lagunas (H = 101.17 $p < 0.01$). Ibáñez y Colín (2014) reportaron también diferencias en el FC de poblaciones de *M. curema* entre localidades (0.83 a 1.01), y las atribuyen a diferencias en el esfuerzo pesquero. No obstante, la más baja condición física de las lisas en la laguna de Tecomate

puede ser atribuida a las drásticas condiciones ambientales que presenta esta laguna a lo largo del año. Por ejemplo, debido a su poca profundidad la salinidad puede variar entre 8 y 65 ups (Villerías-Salinas et al., 2016), lo cual genera condiciones ambientales extremas, incluso para peces eurihalinos como *M. curema*. Maceda-Veiga et al. (2014) señalaron también que las diferencias ambientales existentes entre los lagos estudiados contribuyeron a establecer diferencias en el factor de condición del pez *Gobiomorphus cotidianus*.

Composición de la parasitofauna

El número total de ejemplares de *M. curema* examinados en las cinco lagunas durante los 4 años de muestreo fue de 972. La parasitofauna estuvo constituida por 16 especies, el patrón general de riqueza de los grupos de parásitos fue Digenea > Acanthocephala > Nematoda = Copepoda > Monogenea = Cestoda = Brachyura (tabla 8.2). Un total de 8 especies de parásitos, 3 digeneos *(Ascocotyle Ph. longa*, *Austrodiplostomum compactum* y *Saccocoelioides lamothei),* un monogeneo *(Ligophorus mugilinus),* 2 acantocéfalos *(Floridosentis mugilis* y *Pseudoleptorhynchoides lamothei),* un nematodo *(Contracaecum multipapilatum)* y un copépodo *(Ergasilus lizae)* fueron registradas en varios de los muestreos con prevalencias > 10% en al menos uno de ellos, por lo que fueron consideradas como especies componentes.

Recientemente, Falkenberg et al. (2022) presentaron un listado de los parásitos que infectan a poblaciones de *M. curema*, tanto en el océano Atlántico como el Pacífico. De acuerdo con estos autores la parasitofauna global del hospedero, se encuentra actualmente distribuida de la siguiente manera: Digenea (25 especies), Copepoda (25), Monogenea (13), Nematoda (5), Isopoda (3), Cestoda (2), Acantocephala (2), Hirudinea (1 especie). En las lagunas costeras de Guerrero, los digeneos (5 especies) y los acantocéfalos (4) fueron los mejor representados por su mayor riqueza de especies.

Los digeneos constituyen el grupo más abundante y diverso de helmintos parásitos en peces de diferentes ambientes acuáticos (Carpio, 2020; Luque y Poulin, 2007; Violante-González et al., 2007). No obstante, los

Tabla 8.2. *Parámetros de infección de parásitos de la lisa M. curema, en cinco lagunas del estado de Guerrero*

Parásitos	*Parám*	*Co 23*	*Co 24*	*Mi 23*	*Mi 24*	*Nux 24*	*Teco 24*	*3P 2021a*	*3P 2021b*	*3P 2022 a*	*3P 2022b*	*3P 24*
Digenea												
Ascocotyle (Phagicola) longa L (Sa, Al) G	P%	48.8	17.0	72.6	57.1	68.7	44.7	73	53	68.5	57	66.7
	A	10.3	7.84	37.3	10.2	18.4	16.4	32.6	32.3	38.7	25	61.1
	T	866	737	4216	715	1763	773	1793	3900	2091	3930	4950
Austrodiplostomum compactum L (D, Al) G	P%	2.38	3.19	17.7				3.6	0.83			1.23
	A	0.05	0.03	0.27				0.04	0.02			0.01
	T	4	3	30				2	3			1
Clinostomum tataxumui L (D, Al) G	P%			0.88								
	A			0.05								
	T			6								
Saccocoelioides lamothei A (Sa, Au) G	P%	28.6	7.4						9.92	5.6	16.6	7.4
	A	4.02	0.11						1.06	1.5	1.30	1.09
	T	338	10						237	81	204	88
Forticulcita isabelae (Sa, Au) E	P%	4.7										
	A	0.07										
	T	6										
Monogenea												
Ligophorus mugilinus A (M, Au) E	P%		34.0	0.88	1.43		2.13	1.8	27.3	22.2	3.8	32.1
	A		1.22	0.05	0.07		0.02	0.02	2.34	0.96	0.28	1.98
	T		115	6	5		1	1	283	52	44	160
Cestoda												
Parvitaenia cochlearii L (Sa, Al) G	P%			1.43							0.64	
	A			0.01							0.01	
	T			1							1	
Acanthocephala												
Floridosentis mugilis A (M, Au) E	P%	22.6	3.19		1.43	27.1	51.1	7.3	19		2.5	2.47
	A	0.38	0.13		0.01	0.75	4.38	0.25	0.60		0.06	0.02

Parásitos	*Parám*	*Co 23*	*Co 24*	*Mi 23*	*Mi 24*	*Nux 24*	*Teco 24*	*3P 2021a*	*3P 2021b*	*3P 2022 a*	*3P 2022b*	*3P 24*
	T	33	12		1	72	206	14	72		9	2
Neoechinorhynchus brentnickoli J (Sa, Au)	P%			0.88				1.8	1.6			
	A			0.01				0.02	0.08			
	T			1				1	10			
Pseudoleptorhynchoides lamothei J (Sa, Au) E	P%				25.7			3.6	2.5			12.3
	A				0.63			0.05	0.05			0.22
	T				44			3	6			18
Southwellina hispida L (Al, G)	P%								19.1			
	A								2.39			
	T								289			
Nematoda												
Capillaria sp. A (Sa, Au) G	P%	3.5			4.29				10.7	20.4		
	A	0.04			0.39				1.11	1.15		
	T	3			27				134	62		
Contracaecum multipapilatum L (Sa, Al) G	P%	27.4	53.2	61.9	68.6	78.8	59.6	29.1	28.1	38.9	23.6	53.1
	A	0.36	1.32	1.72	2.66	2.18	3.15	0.44	0.54	0.70	0.45	1.30
	T	30	124	194	186	209	148	24	65	38	71	105
Copepoda												
Ergasilus lizae A (M, Au) E	P%	53.6	57.4	46.9	61.4		23.4	54.5	42.1		28.7	77.8
	A	3.08	1.47	1.32	3.27		0.60	1.78	2.72		1.64	4.28
	T	259	138	149	229		28	98	329		257	347
Bomolochus sp. (M, Au) G	P%		2.13				2.13					
	A		0.02				0.02					
	T		2				1					
Brachyura												
Argulus sp. A (Sa, Au) G	P%		1.06	2.65				1.82	0.83	1.85	1.9	
	A		0.01	0.03				0.02	0.01	0.02	0.02	
	T		1	3		1	1	1	1			

Notas: P = prevalencia, (A) = abundancia promedio, T = número total de parásitos [rango] = número mínimo y máximo de parásitos. Lagunas: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3P = Tres Palos. Estadio: A = adulto, J = juvenil, L = larva. Origen: D = dulceacuícola, M = marino, Sa = salobre. Estrategia de colonización: Au = autogénica, Al = alogénica. Especificidad hospedatoria: E = especialista, G = generalista.

Fuente: elaboración propia.

acantocéfalos suelen ser poco comunes entre los peces dulceacuícolas de México (Salgado-Maldonado et al., 2004; Violante-González et al., 2007). La lisa *M. curema* fue parasitada hasta por 4 especies de acantocéfalos (3 especies autogénicas y 1 alogénica, tabla 8.1); aunque solo *Floridocentis mugilis* presentó altos niveles de infección y se registró en la mayoría de las lagunas (excepto Mitla). Esta es una especie marina, considerada como especialista de mugílidos (Fajer-Avila et al., 2006; Falkenberg et al., 2022), lo cual puede explicar su mayor prevalencia y abundancia en lisas de lagunas con más alta salinidad, como Nuxco (17.4 ups) y Tecomate (19.5 ups) (Contreras-Espinosa y Warner et al., 2004). A decir de Falkenberg et al. (2022), de las 25 especies de copépodos reportadas para *M. curema,* 13 corresponden al género *Ergasilus*. No obstante que solo una especie de *Ergasilus (E. lizae)* fue identificada en el presente estudio, se ha reportado a *Ergasilus* sp. infectando hasta 12 especies de peces en la laguna de Tres Palos, incluida *M. curema* (Violante-González et al., 2007). Por lo tanto, es muy probable que sean más de 2 especies de *Ergasilus* las que parasitan a peces de las lagunas costeras del estado.

Efecto de los parásitos sobre el estado de salud de los peces

Las pruebas de correlación por rangos de Spearman *(rs)* empleadas para determinar alguna posible asociación entre la talla, el peso y los factores de condición de las lisas con las abundancias de sus especies de parásitos más frecuentes y abundantes indicaron la presencia de correlaciones tanto positivas como negativas, para 3 de las características del hospedero examinadas. Tanto la longitud total como el peso fueron positivamente correlacionados con las abundancias de seis de las especies de parásitos (tabla 8.3); las asociaciones más intensas se registraron con las abundancias de las especies *E. lizae* y *C. multipapilatum (rs* > 0.300), mientras que se registraron correlaciones negativas con la abundancia de *Southwellina hispida*, en tanto que para el digeneo *Saccocoelioides lamothei* se observó también esta misma tendencia, aunque la correlación no fue significativa (tabla 8.3). En cuanto a los factores de condición, solo el de Fulton (FC), fue correlacionado nega-

tivamente con las abundancias de cuatro de las especies de parásitos. Considerando los datos agrupados, la talla de los peces correlacionó de manera negativa con ambos factores de condición (−0.076 y −0.383, respectivamente). Los peces infectados presentaron valores del FC significativamente más bajos (media = 0.9197), que los no infectados (media = 0.9824) (ANOVA: *F1, 971* = 46.47). Por otra parte, los peces no infectados fueron generalmente de menor tamaño (media = 15.5 cm), en comparación con los infectados (media = 21.6).

Tabla 8.3. *Valores del coeficiente de correlación (RS) entre la talla, peso y factores de condición (Kn, FC), con la abundancia de especies de parásitos en M. curema*

Parámetros	*Erga*	*Limu*	*Aust*	*Asco*	*Sacc*	*Flor*	*Sohi*	*Cont*
Talla	0.314	0.069	0.231	0.080	−0.056 ns	0.098	−0.235	0.352
Peso	0.309	0.074	0.248	0.083	−0.062 ns	0.081	−0.237	0.355
Kn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FC	−0.165	ns	ns	−0.100	−0.046 ns	−0.121	0.205	−0.154

Notas: Erga = *Ergasilus lizae*, Limu = *Ligophorus mugilinus*, Aust = *Austrodiplostomum compactum*, Asco = *Ascocotyle (Ph.) longa,* Sacc = *Saccocoelioides lamothei*, Flor = *Floridosentis mugilis*, Sohi = *Southwellina hispida*, Cont = *Contracaecum multipapilatum,* ns = no significativo.
Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones positivas registradas entre la talla y el peso con las abundancias de 6 de las especies de parásitos sugieren que los hospederos de mayor tamaño y peso fueron generalmente los que presentaron una mayor abundancia de estas especies de parásitos.

El tamaño corporal del hospedero se considera un factor importante de estructuración de las infracomunidades de parásitos, en poblaciones de peces de diferentes ambientes (Baia et al., 2018). Los peces de mayor tamaño pueden ingerir mayores cantidades de alimento, presentan una superficie corporal más grande, y generalmente son de mayor edad; por lo que han vivido durante un mayor tiempo, y han tenido una mayor probabilidad de infectarse con un mayor número de especies de parásitos, en comparación con los más pequeños y de vida más corta (Luque y Poulin, 2008; Morand et al., 2000; Sasal et al., 1997).

Sin embargo, la correlación negativa registrada en el caso de *S. hispida* y la débil, aunque no significativa con *S. lamothei* (tabla 8.3), indicaron

que existió una reducción en las abundancias de estas especies entre los peces de mayor tamaño. Algunos estudios han reportado también la ocurrencia de asociaciones negativas entre la abundancia de algunos parásitos y la longitud del hospedero, es decir, una reducción en los niveles de parasitismo, con el aumento en el tamaño (Iyaji et al., 2009). Las reducciones en la abundancia de parásitos en los peces más grandes pueden ser atribuidas a cambios en los hábitos alimenticios del hospedero; esto es, el pez puede dejar de alimentarse de una determinada presa que actúa como hospedero intermediario del parásito en la fase adulta, o bien reducir su consumo (Carpio, 2020; Iyaji et al., 2009). En los casos del acantocéfalo *S. hispida* y el digeneo *S. lamothei*, estos fueron más abundantes en lisas juveniles (< 10 cm); por lo que diferencias en la dieta de juveniles y preadultos, pueden explicar la reducción en las abundancias de estas especies de parásitos en las lisas de mayor tamaño.

Debido a que los parásitos son considerados patogénicos para el hospedero, se espera generalmente encontrar una correlación negativa entre el factor de condición y la abundancia o la prevalencia de las especies de parásitos (Guidelli et al., 2011; Moreira et al., 2010). En este sentido, las correlaciones negativas registradas entre el FC y las abundancias de cuatro de las especies de parásitos (*E. lizae, A Ph. longa, F. mugilis,* y *C. multipapilatum*) pueden sugerir una posible afectación a las lisas, por parte de estas especies de parásitos. Sin embargo, se ha señalado que muchas veces los hospederos pueden contener altos niveles de infección parasitaria, sin que se vea afectada su condición física (Moreira et al., 2010, Guidelli et al., 2011). Se ha argumentado también que es posible que los parásitos no presenten un alto grado de patogenicidad, por lo que, no obstante que presenten una alta abundancia, no ocasionan un mayor daño físico al hospedero (Guidelli et al., 2011; Moreira et al., 2010). En el caso de la lisa solo el digeneo *A. (Ph.) longa* presentó niveles de infección altos: prevalencia media = 57% y abundancia media = 26 parásitos por hospedero infectado. No obstante, al parecer sus niveles de infección han disminuido en este hospedero. Por ejemplo, Violante-González et al. (2007) reportaron a *A. (Ph.) longa* infectando a 10 especies de peces en la laguna de Tres Palos; en el caso particular de *M. curema*, la prevalencia de infección fue del 100%, con una abundancia promedio de > 200 metacercarias por pez infectado. Este dige-

neo infecta principalmente el corazón de las lisas (Carnevia et al., 2005; Portes-Santos et al., 2013; Violante-González et al., 2007), aunque puede localizarse también en otros sitios como el músculo, por lo que es considerado como una especie con potencial zoonótico, ya que se le ha relacionado con casos de gastroenteritis parasitaria en algunos países como Brasil (Carnevia et al., 2005).

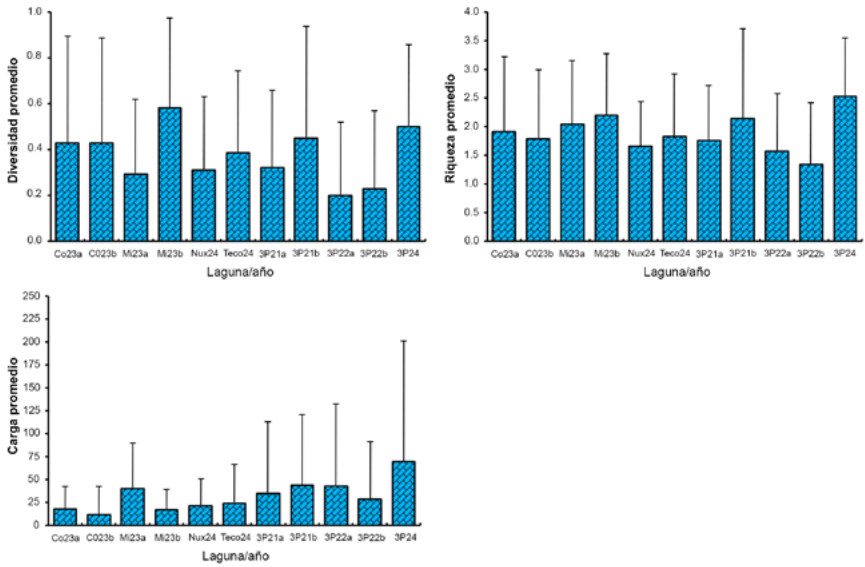
Características de las infracomunidades

Todos los parámetros de infracomunidad variaron significativamente entre las lagunas y años de muestreo (figura 8.1). La diversidad promedio fue más alta durante el segundo muestreo efectuado en la laguna de Mitla (MLG: $F10, 971 = 7.84$, $p < 0.01$), mientras que la riqueza de especies (MLG: $F10, 971 = 8.21$, $p < 0.01$) y la carga promedio de parásitos por hospedero infectado (MLG: $F10, 971 = 5.50$, $p < 0.01$) fueron significativamente más altas entre las lisas del último muestreo efectuado en la laguna de Tres Palos (2024, figura 8.1).

Las infracomunidades de parásitos de *M. curema*, se caracterizaron por ser poco diversas (H'= 0.20 a 0.58), pobres en especies (1.3 a 2.5 especies) y por su bajo número de parásitos (12.1 a 70, gráfica 8.1). No obstante, al parecer esta es una característica bastante común de las infracomunidades de este hospedero. Por ejemplo, Fajer-Avila et al. (2006) reportaron también valores bajos de riqueza de especie (1.6 a 2.6), de diversidad (H' < 0.07) y de abundancia de parásitos (media = 75) para infracomunidades de *M. curema* en otras localidades de Pacífico mexicano. En Perú, Minaya et al. (2021) reportaron valores de riqueza = 1.64, diversidad = 0.31 y un número promedio de parásitos de 12.92 por hospedero infectado. Mientras que Moutinho y Alves (2014) y Santos-Gueretz et al. (2022) en Brasil, concluyeron que esta lisa presentó una baja riqueza de especies de especies, en comparación con otras especies de mugilidos como *M. lizae*.

A nivel infracomunidad se registró un mayor número de correlaciones (7 negativas y 2 positivas) entre los factores de condición y la carga de parásitos (tabla 8.4). El factor de condición de Fulton (FC) fue el que presentó un mayor número de correlaciones (10/14), con la carga o la riqueza de especies de parásitos. El número de correlaciones negativas (11) fue más

Gráfica 8.1. *Parámetros de las infracomunidades de parásitos (± desviación estándar) de M. curema en cinco lagunas costeras*



Notas: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3P = Tres Palos.
Fuente: elaboración propia.

alto que el de las positivas (3); solo en el caso de los muestreos de la laguna de Coyuca no se registraron correlaciones con ningún parámetro de infracomunidad (tabla 8.4).

Cuando se evalúa el posible efecto de los parásitos sobre la condición física de los peces, se considera también importante examinar el efecto global de las infecciones mixtas, es decir, efectuar también una evaluación a nivel de infracomunidad (Brasil-Sato, 1999, Guidelli et al., 2011). El conocimiento de la influencia de este tipo mixto de parasitismo puede ser de gran importancia en los estudios parasitológicos, en particular de aquellos enfocados en poblaciones de peces cultivados o con potencial de cultivo (Guidelli et al., 2011). De acuerdo con los resultados, en *M. curema* los hospederos con infracomunidades con un mayor número de especies y de parásitos presentaron de manera general una menor condición física, lo cual puede sugerir nuevamente posibles efectos negativos por parte de los parásitos. Sin embargo, las infracomunidades de este hospedero fueron

Tabla 8.4. *Valores del coeficiente de correlación (RS) entre los factores de condición (Kn, FC), y los parámetros de infracomunidad para cada una de las lagunas y años de muestreo*

		Parámetros de infracomunidad			
Laguna/año	***Factor***	***Diversidad***	***Equidad***	***Riqueza***	***Carga***
Co 2023May	Kn	−0.054	0.081	−0.034	−0.071
	FC	−0.05	0.062	−0.033	−0.056
Co 2023Ago	Kn	−0.037	−0.1993	0.099	0.025
	FC	−0.045	−0.222	0.093	0.027
Mi 2023Sep	Kn	−0.025	0.020	−0.092	**−0.193**
	FC	−0.005	0.015	−0.065	−0.151
Mi 2023Oct	Kn	−0.109	0.095	−0.149	**−0.326**
	FC	−0.03	0.058	−0.171	**−0.343**
Nux 2024Sep	Kn	0.134	−0.087	0.161	**0.299**
	FC	0.145	−0.105	0.157	**0.302**
Teco 2024Mar	Kn	−0.077	0.003	−0.145	−0.178
	FC	−0.027	0.200	**−0.385**	**−0.411**
3P 2021Feb	Kn	0.014	0.007	0.108	0.092
	FC	0.032	0.040	0.092	0.063
3P 2021Oct	Kn	−0.008	−0.037	−0.117	−0.015
	FC	−0.102	−0.015	**−0.508**	**−0.445**
3P 2022May	Kn	−0.018	−0.106	−0.181	0.078
	FC	−0.041	−0.138	−0.171	0.093
3P 2022Oct	Kn	−0.225	**−0.283**	0.048	−0.154
	FC	−0.088	−0.090	**−0.295**	**−0.424**
3P 2024Feb	Kn	0.167	0.082	0	−0.082
	FC	0.221	**0.338**	−0.191	**−0.362**

Notas: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3P = Tres Palos. Valores significativos en negritas.
Fuente: elaboración propia.

pobres en especies y con un bajo número de parásitos, por lo que al parecer no afectan la salud de las lisas, en las lagunas estudiadas.

Estructuración de las infracomunidades

Las especies *Ascocotyle (Ph.) longa, Contracaecum multipapilatum* y *Ergasilus lizae* mostraron los valores más altos del índice de infracomunidad

(*ICI* ≥ 0.25). El digeneo *A. (Ph.) longa* fue la especie más importante en el proceso de estructuración de las infracomunidades durante un mayor número de muestreos (5/11); en tanto que *C. multipapilatum* lo hizo en un mayor número de lagunas (3/5, tabla 8.5).

Tabla 8.5. *Valores del índice de infracomunidad (ICI), para los parásitos de M. curema de cinco lagunas del estado de Guerrero*

Parásitos	*Co 23*	*Co 24*	*Mi 23*	*Mi 24*	*Nux 24*	*Teco 24*	*3P 2021a*	*3P 2021b*	*3P 2022 a*	*3P 2022b*	*3P 24*
Digenea											
Ascocotyle (Phagicola) longa L (Sa, Al) G	0.227	0.079	**0.333**	0.234	0.391	0.203	**0.360**	**0.206**	**0.396**	**0.329**	0.257
Austrodiplostomum compactum L (D, Al) G	0.011	0.015	0.081				0.018	0.003			0.005
Clinostomum tataxumui L (D, Al) G			0.004								
Saccocoelioides lamothei A (Sa, Au) G	0.133	0.035						0.039	0.032	0.095	0.029
Forticulcita isabelae (Sa, Au) E	0.022										
Monogenea											
Ligophorus mugilinus A (M, Au) E		0.158	0.004	0.006		0.010	0.009	0.106	0.128	0.022	0.124
Cestoda											
Parvitaenia cochlearii L (Sa, Al) G										0.004	
Acanthocephala											
Floridosentis mugilis A (M, Au) E	0.105	0.015		0.006	0.154	0.232	0.036	0.074		0.015	0.010
Neoechinorhynchus brentnickoli J (Sa, Au)			0.004				0.009	0.006			
Pseudoleptorhynchoides lamothei J (Sa, Au) E				0.105			0.018	0.010			0.048
Southwellina hispida L (Al, G)								0.074			
Nematoda											
Capillaria sp. A (Sa, Au) G	0.017			0.018				0.042	0.118		
Contracaecum multipapilatum L (Sa, Al) G	27.4	0.247	0.284	**0.281**	**0.402**	**0.271**	0.144	0.109	0.225	0.135	0.205

Parásitos	*Co 23*	*Co 24*	*Mi 23*	*Mi 24*	*Nux 24*	*Teco 24*	*3P 2021a*	*3P 2021b*	*3P 2022 a*	*3P 2022b*	*3P 24*
Copepoda											
Ergasilus lizae A (M, Au) E	**0.249**	**0.267**	0.215	0.252		0.106	0.270	0.164		0.165	**0.300**
Bomolochus sp. (M, Au) G		0.010				0.010					
Brachyura											
Argulus sp. A (Sa, Au) G		0.005	0.012				0.009	0.003	0.011	0.011	

Notas: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3P = Tres Palos. Estadio: A = adulto, J = juvenil, L = larva. Origen: D = dulceacuícola, M = marino, Sa = salobre. Estrategia de colonización: Au = autogénica, Al = alogénica. Especificidad hospedatoria: E = especialista, G = generalista. Valores en negritas indican la especie más importante en cada muestreo.

Fuente: elaboración propia.

A excepción del copépodo *E. lizae*, el cual es considerado como un parásito especialista de mugílidos (Fajer-Avila et al., 2006; Lira, 1997), larvas de las otras dos especies infectan a una gran variedad de peces en las lagunas costeras de Guerrero, por lo que contribuyen de manera importante en la estructuración de sus infracomunidades de parásitos (Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007; Violante-González et al., 2007). Se puede establecer, finalmente, que *M. curema* juega un papel más importante como hospedero intermediario o paraténico (para 8/13 especies) que como hospedero final de helmintos parásitos que infectan a los peces de las lagunas costeras del estado de Guerrero.

Conclusiones

El crecimiento de la lisa fue principalmente de tipo isométrico en la mayoría de las lagunas estudiadas. Los peces de Tecomate presentaron una menor condición física, lo cual fue atribuido a las condiciones ambientales más adversas, que presenta esta laguna. Los digeneos y los acantocéfalos fueron los grupos de parásitos que mostraron la mayor riqueza de especies. Los peces de mayor tamaño presentaron abundancias más altas de algunas especies de parásitos. El factor de condición de Fulton (FC), fue correlacionado negativamente con las abundancias de 4 especies de parásitos, así como con dos parámetros de infracomunidad. Los peces de mayor tamaño fueron

los más frecuentemente infectados y presentaron una menor condición física, en tanto que los no infectados fueron principalmente organismos juveniles. Lisas juveniles de menos de 5 cm obtenidas de las lagunas costeras, pueden ser propuestas para su cultivo, debido a que aún no han sido infectadas o presentan cantidades mínimas de parásitos.

Referencias

Alves, D. R. (2014). Metazoan parasites of *Mugil curema* (Osteichthyes: Mugilidae) from the costal Rio de Janeiro. *Centro Universitário de Volta Redonda, 9*, 67-75.

Antonetti, D. A., Leal, M. E. y Schulz, U. H. (2013). Length-weight relationships for 19 fish species from the Jacu. Delta, R.S., Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, (30), 259-260.

Baia, R. R. J., Florentino, A. C., Silva L. M. A. y Tavares-Dias, M. (2018). Patterns of the parasite communities in a fish assemblage of a river in the Brazilian Amazon region. *Acta Parasitologica, 63*, 304-316.

Brasil-Sato, M. C., (1999). *Ecologia das comunidades de parasitos metazoários de* Pimelodus maculatus Lacépède, *1803 (Siluriformes: Pimelodidae) das bacias do rio São Francisco, Três Marias, M. G. e do rio Paraná, Porto Rico, P. R.* [Tesis de Doctorado]. Federal University of São Carlos.

Bush, A. O., Laferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *The Journal of Parasitology, 83*(4), 575-583.

Carnevia, D., Castro, O., Perretta, A. y Venzal, J. M. (2005). Identificación en Uruguay de metacercarias de *Ascocotyle (Phagicola) longa Digenea: Heterophyidae* parasitando lisas, *Mugil platanus* (Pisces: Mugilidae) y evaluación del riesgo de zoonosis y afecciones en mascotas. *Veterinaria, 40*, 19-23.

Carpio, D. I. (2020). *Dinámica de la comunidad de parásitos del cuatete* Ariopsis guatemalensis *(Günther, 1864), en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Contreras-Espinosa, F. y Warner, B. G. (2004). Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiología, 511,* 233-245.

Fajer-Avila, E. J., García-Vásquez, A., Plascencia-González, H., Ríos-Sicairos, J., García-de-la-Parra, l. M. y Betancourt-Lozano, M. (2006). Copepods and larvae of nematodes parasiting the white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of anthropogenic impacts in tropical coastal lagoons? *Environmental Monitoring and Assessment, 122*, 221-237.

Falkenberg, J. M., Vitória, M. M., Viera, G. H. C. y Lacerda, A. C. (2022). Metazoan parasites of white mullet *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) and new records of occurrence in the western Atlantic, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 94*(1).

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal Applied. Ichthyology, 22*, 241-253.

Frota, L. O., Costa, P. A. S. y Braga, A. C. (2004). Length-weight relationships of marine fishes from the central Brazilian coast. *NAGA, World Fish Cent. Quart, 27*, 20-26.

Guidelli, G., Tavechio, W. L., Takemoto, R. M. y Pavanelli, G. C. (2011). Relative condition factor and parasitism in anostomid fishes from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. *Veterinary Parasitology, 177*, 145-151.

Ibáñez, A. L. y Colin, A. (2014). Reproductive biology of *Mugil curema* and *Mugil cephalus* from western Gulf of Mexico Waters. *Bulletin of Marine Science, 90*(4), 941-952.

Iyaji, F. O., Etim, L. y Eyo, J. E. (2009). Parasite assemblages in fish hosts. *Journal of Biological Research and biotechnology, 7*, 561-570.

Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition perch *Perca fluviatilis. Journal of Animal Ecology, 20*, 201-219.

Lira, G. (1997). *Fauna helmintológica de dos especies de mugílidos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco, México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Lizama, M. L. A. P., Takemoto, R. M. y Pavanelli, G. C. (2006). Parasitism influence on the hepato, splenosomatic and weight/length relation and relative condition factor of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 15*(3), 116-122.

Luque, J. L. y Poulin, R. (2007). Metazoan parasite species richness in neotropical fishes: Hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology, 134*, 865-878.

Luque, J. L. y Poulin, R. (2008). Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. *Journal of Fish Biology, 72*(1), 189-204.

Maceda-Veiga, A., Green, A. J. y De Sostoa, A. (2014). Scaled body-mass index shows how habitat quality influences the condition of four fish taxa in north-eastern Spain and provides a novel indicator of ecosystem health. *Freshwater Biology, 59*(6), 1145-1160.

Minaya, D., Iannacone, J., Alvariño, L. y Cepeda, C. (2021). Metazoan parasites of white mullet *Mugil curema Valenciennes,* 1836 (Perfiformes, Mugilidae) from the wetlands of Pantaños de Villa, Lima, Peru. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 16*, 150-160.

Mitu, N. R., Alam, M. M., Hussain, M. A., Hasan, M. R. y Atul, C. S. (2019). Length-weight and length-length relationships, sex ratio and condition factors of the Asian striped dwarf catfish *Mystus tengara* (Hamilton, 1822) (Siluriformes: Bagridae) in the Ganges River, Northwestern Bangladesh. *Iranian Journal of Ichthyology, 6*, 21-30.

Morales-Martínez, K. A., Muñoz-García, C., Figueroa-Delgado, A., Chávez-Güitrón, L., Osorio-Saravia, D., Saavedra-Montañez, M., Martínez-Maya, J. J., Rubio, J. M. y Villalobos, N. (2022). Parasite identification in mullet fish *(Mugil curema)* from Chautengo Lagoon, Guerrero, Mexico, based on morphology and molecular analysis. *Experimental Parasitology, 240*.

Morand, S., Cribb, T. H., Kulbicki, M., Rigby, M. C., Chauvet, C., Dufour, V. y Pichelin, S. (2000). Endoparasite species richness of new caledonian butterfly fishes: Host density and diet matter. *Parasitology, 121*, 65-73.

Moreira, L. H. A., Yamada, F. H., Ceschini, T. L., Takemoto, R. M. y Pavanelli, G. C. P. (2010). The influence of parasitism on the relative condition factor (kn) of *Metynnis lippincottianus* (Characidae) from two aquatic environments: The upper Paraná river floodplain and Corvo and Guairacá rivers, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences, 32*(1), 83-86.

Moutinho, F. O. y Alves, D. R. (2014). Metazoan parasites of *Mugil curema* (Osteichthyes: Mugilidae) from the coastal Rio de Janeiro. *Cadernos UniFOA, 24*, 67-75.

Oliveira, J., Oliva-Teles, A. y Couto, A. (2024). Tracking biomarkers for the health and welfare of aquaculture fish. *Fishes, 9*(7), 289.

Portes-Santos, C., Lopes, K. C., Da Silva-Costa, V. y Dos Santos, E. G. (2013). Fish-borne trematodosis: Potential risk of infection by *Ascocotyle (Phagicola) longa* (Heterophyidae). *Veterinary Parasitology, 193*, 302-306.

Salgado-Cruz, L., Quiñonez-Velázquez, C., García-Domínguez, F. A., Pérez-Quiñonez, C. I. y Aguilar-Camacho, V. (2021). Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía, 56*, 50-65.

Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Pineda-López, R., Caspeta-Mandujano, J. M., Aguilar-Castellanos, E. y Mercado-Silva, N. (2004). Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, East Central Mexico. *Comparative Parasitology, 71*, 190-202.

Santos, J. R., Esteves-Silva, P. H., Costa-Campos, C. E. y Tavares-Dias, M. (2021). Ectoparasites infecting *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) in Amapá state estuary, in the northern Brazilian coast region. *Journal of Parasitic Diseases, 45*, 1065-1070.

Santos-Gueretz, J., Moura, A. B. y Martins, M. L. (2022). Parasitic fauna of *Mugil curema* in an estuarine ecosystem in the northern coast of the Santa Catarina State, Brazil. *Archives of Veterinary Science*, *27* (3), 1-6.

Sasal, P., Morand, S. y Guégan, J. F. (1997). Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Marine Ecology Progress Series, 149*, 61-71.

Tavares-Dias, M. y Neves, L. R. (2017). Diversity of parasites in wild *Astronotus ocellatus* (Perciformes, Cichlidae), an ornamental and food fish in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 89*, 2305-2315.

Tavares-Dias, M., Martins, M. L., Moraes, F. R. y Kronka, S. N. (2000). Condition factor, hepatosomatic and splenosomatic relation of freshwater fishes naturally parasitized. *Acta Science, 22*, 533-537.

Trape, S., Durand. J. D., Guilhaumon, F., Vigliola, L. y Panfili, J. (2009). Recruitment patterns of young-of-the-year mugilid fishes in a West African estuary impacted by climate change. *Estuariane Coastal and Shelf Science, 85*, 357-367.

Villerías-Salinas, S., Violante-González, J., García-Castro, N. y Alonzo-Guzmán, L. (2016). Environmental Deterioration of the Tecomate Coastal Lagoon, in the Guerrero State, Mexico. *International Journal Geosciences, 7*, 1-10.

Violante-González, J. y Aguirre-Macedo, M. L. (2007). Metazoan parasites of fishes from Coyuca Lagoon, Guerrero, Mexico. *Zootaxa, 1531*, 39-48.

Violante-González, J., Aguirre-Macedo, M. L. y Mendoza-Franco, E. F. (2007). A checklist

of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research, 102*, 151-161.

Zander, C. D. (2004). Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the south-western Baltic, 2: Infracommunity. *Parasitology Research, 93*, 17-29.

9. Parásitos metazoarios de *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Osteichthyes: Mugilidae) de las costas mexicanas

Erick Rodríguez Ibarra[1]
Yesenia Gallegos Navarro[2]
Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez[3]
Juan Violante González[4]
Griselda Pulido Flores[5]

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.292.09

Resumen

La familia Mugilidae representa uno de los principales recursos en la pesquería artesanal del mundo. En la costa del Pacífico mexicano y Golfo de México, esta pesquería explota principalmente dos especies: *Mugil cephalus* y *Mugil curema;* estas especies se han registrado como hospederos de parásitos metazoarios (helmintos, crustáceos y mixozoos) algunos de ellos son relevantes por su riesgo zoonótico, otros permiten explicar procesos de migración, procesos evolutivos y su biogeografía; además son un componente importante de la biodiversidad y elementos clave en cualquier ecosistema. El presente estudio es una compilación de reportes de parásitos metazoarios de *M. curema* para las costas y lagunas costeras del océano Pacífico, Golfo de México y mar Caribe del territorio mexicano, en el que se proporciona un listado sistemático de estos organismos. El listado incluye 44 taxa (100%): Platyhelminthes, 25 especies (57%); Arthropoda, 9 (21%); Nematoda, 4 es-

[1] Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2930-8709; correo electrónico: erickrodrigueziba@gmail.com

[2] Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de investigación adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9366-6162

[3] Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8027-608X

[4] Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6291-8763

[5] Doctora en Ecología y Desarrollo Sustentable. Profesora-investigadora adscrita a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0454-8466

pecies (11%); Acanthocephala, 3 especies (7%); Cnidaria una para mar Caribe y Annelida, una para océano Pacífico (2% para cada *phylum);* su distribución comprende a 10 estados de la República Mexicana: 12 en el estado de Guerrero, y en Sinaloa, Baja California Sur y Colima reportan una misma especie; Veracruz, 14; Tabasco, 2; Yucatán y Quintana Roo, una especie. Este listado identificó especies con potencial de riesgo zoonótico: *Ascocotyle (Phagicola) longa*, *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum complanatum, Centrocestus formosanus, Anisakis* sp., *Contracaecum multipapillatum, Contracaecum* sp. y *Pseudoterranova* sp. con distribución en Guerrero, Jalisco, Baja California Sur y Veracruz.

Palabras clave: *Mugilidae, parásitos metazoarios, riesgo zoonótico.*

Introducción

Los parásitos metazoarios probablemente son los más diversos y abundantes en el planeta (Dobson et al., 2008; Grano-Maldonado y Pérez-Ponce de León, 2023; Poulin y Morand, 2005). Estos organismos desempeñan un papel esencial en todos los ecosistemas (Grano-Maldonado y Pérez-Ponce de León, 2023). El parasitismo ha surgido en diversas ocasiones a lo largo de la historia evolutiva; entre los parásitos más abundantes se encuentran los crustáceos y los helmintos. Dentro de los crustáceos, destacan grupos como los copépodos, isópodos y malacostráceos, que infectan una amplia variedad de organismos, como peces, mamíferos marinos y algunos invertebrados (Costello, 2016; Grano-Maldonado y Pérez-Ponce, 2023); aunque la cantidad exacta de especies descritas sigue siendo incierta, se estima que existen entre 23 670 y 52 000 especies reconocidas (Hugot et al., 2001; Poulin y Morand, 2000). Dobson et al. (2008) señalan que este número pudiese variar entre 100 000 y 350 000 especies. Recientemente, Carlson et al. (2020) realizaron una estimación de 103 078 especies, de las cuales el 85% aún no han sido documentadas.

La publicación de estudios referentes a parásitos metazoarios para el litoral de los océanos Pacífico y Atlántico ha ido en aumento. No obstante, estos datos están dispersos en una amplia gama de fuentes bibliográficas,

como lo es el estudio de la fauna parasitaria en peces marinos, lo cual es crucial debido a que muchas especies de parásitos se consideran de relevancia zoonótica. Esto se debe que la población humana puede estar expuesta a diversas especies parasitarias transmitidas por peces (ictiozoonosis), especialmente cuando el pescado se consume crudo o no se cocina adecuadamente (Chai et al., 2005; Grano-Maldonado y Pérez-Ponce, 2023); además, se pueden generar pérdidas económicas a los pobladores que dependen de la pesca (Paperna y Overstreet, 1981).

La familia Mugilidae incluye 20 géneros y 78 especies reconocidas (Falkenberg et al., 2022; Froese y Pauly, 2024). *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) y *M. cephalus* (Linnaeus, 1758) son peces pelágicos, considerados las especies más comunes de la familia (Yáñez-Arancibia, 1976). La pesca artesanal de las especies de la familia Mugilidae constituye uno de los recursos más importantes en las áreas templadas y tropicales del planeta (Blaber, 1997; Salgado-Cruz et al., 2021). En la costa del Pacífico mexicano y en el Golfo de México, la actividad pesquera se enfoca principalmente en estas dos especies (Fajer-Avila et al., 2006; Salgado-Cruz et al., 2021; Vasconcelos et al., 1996).

La amplia distribución geográfica que presenta la lisa *M. curema* le permite habitar en lagunas, estuarios y costas situadas a lo largo de la región subtropical. En el Pacífico oriental se distribuye desde California hasta Chile, mientras que el Atlántico occidental lo hace desde Cabo Cod, Massachusetts, Estados Unidos hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México (Castro-Aguirre, 1978; Salgado-Cruz et al., 2021). *Mugil curema* habita en costas arenosas y charcas litorales, aunque también se presenta en fondos fangosos de lagunas salobres y estuarios, los adultos forman cardúmenes y se alimentan de algas microscópicas o filamentosas y plancton (Alves, 2014; Menezes, 1983, 1985; Lowe-Mcconnel, 1999).

Antecedentes

Es relevante destacar que los parásitos, además de ser elementos clave en cualquier ecosistema, desempeñan un rol crucial en la dinámica de las poblaciones y la organización de las comunidades. Además, pueden ofrecer

información valiosa sobre el estrés ambiental, así como la estructura y el funcionamiento de las redes tróficas (Marcogliese, 2001, 2005; Santos-Bustos, 2018). La identificación de parásitos es fundamental, principalmente en regiones donde no se lleva a cabo ninguna inspección sanitaria en los peces, que pueden suponer un riesgo para la salud humana (Reyes et al., 2020).

En México, los estudios de parasitología de fauna silvestre se remontan a la década de los años 30, los primeros trabajos fueron estudios taxonómicos enfocados en el registro, distribución y/o descripción de nuevas especies (Pulido-Flores et al., 2015). Los estudios sobre parásitos metazoarios de peces de la familia Mugilidae en México iniciaron con los primeros registros de especies de acantocéfalos por parte de Bravo-Hollis (1969): *Floridosentis elongata* (Ward, 1953) para el océano Pacífico (La Paz, Baja California; Mazatlán, Sinaloa, México) y la descripción de *Floridosentis pacifica* (Salina Cruz, Oaxaca). Posteriormente, Salgado-Maldonado y Barquín-Álvarez (1978), registran *F. elongata* y *Contracaecum* sp. (Larva III) para *M. cephalus* (Manzanillo, Colima); Bravo-Hollis (1981) describe *Metamicrocotyla pacifica* (Bravo-Hollis, 1982), y registra *Solostamenides pseudomugilis* (Hargis, 1957) (Unnithan, 1971) para *M. curema* (bahía de Chamela, Jalisco); Golvan y de Buron (1988) registran a *F. pacifica* para México sin determinar un área en específico, al igual que Paperna y Overstreet (1981) hacen mención del registro de *Hurleytrema* sp. para el Golfo de México.

En la década de 1990, con la Estación de Investigación, Experimentación y Difusión Chamela, ubicada en la costa de Jalisco (creada en 1971), se accede a la investigación de la zona, generando un aporte relevante para el conocimiento y conservación de la biodiversidad, lo que ha permitido el estudio de parásitos desde su decreto hasta la actualidad. Se citan a continuación algunos autores que han contribuido al estudio de los parásitos de la familia Mugilidae en la bahía de Chamela, Jalisco: Bravo-Hollis (1983), García-Varela y Laclette (1996), Mendoza-Garfias (1996), Lira-Guerrero (1997), Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León (1998), Pérez-Ponce de León et al. (1999), Scholz et al. (1999, 2001); para otras localidades del Pacífico se pueden mencionar a: Fajer-Avila et al. (2006), Violante-González y Aguirre-Macedo (2007), Violante-González et al. (2007), Rosas-Valdez

et al. (2012), Violante-González et al. (2015); en tanto que para el Golfo de México: Méndez-Villagrán (1993), Chávez-López et al. (1995), Nieto-Pérez (1998), López-Jiménez (2001) y Fuentes-Olivares et al. (2024).

Listado de parásitos metazoarios para *Mugil curema*

La información que se presenta es el resultado de la compilación bibliográfica de 35 referencias primarias de los registros de parásitos metazoarios de *M. curema* para el litoral mexicano, que comprende las costas y lagunas costeras del océano Pacífico mexicano, Golfo de México y mar Caribe mexicano (tabla 9.1). El listado para cada *phylum* incluye clase, familia, género y especie en orden alfabético; cada especie contiene nombre científico, hábitat del parásito, autor o autores, localización del reporte (en algunos casos se incluyen las coordenadas geográficas) y números de referencia de catálogo de especímenes depositados en colecciones o museos. En ciertos casos se incluyen los números de referencia de la base de datos que contienen secuencias de nucleótidos.

Museos y bases de datos: Museo de Historia Natural (BMNH), Londres, Reino Unido; Colección Nacional de Helmintos (CNHE), Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México, México; Colección Helmintológica del Laboratorio de Parasitología (CHCM), IPN-Cinvestav Mérida, Yucatán, México; Harold Winter Manter Laboratury (HWML), Universidad de Nebraska, Lincoln, Nebraska, Estados Unidos; Colección helmintológica del Instituto de Parasitología de la Academia de Ciencias de la República Checa (IPCAS), České Budějovice; Colección Nacional de Parásitos de Estados Unidos (USNPC), Beltsville, Maryland, Estados Unidos; bases de datos GenBank (base de datos pública que contiene secuencias genéticas, National Institutes of Health).

El listado general comprende seis *Phyla* (Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Arthropoda, Acanthocephala y Annelida en orden filogenético), incluye 44 taxa de parásitos, 23 identificados a nivel especie, 19 a nivel familia y género (4 solo a nivel familia, 17 nivel género); los 44 taxa están incluidos en 24 familias y 31 géneros (gráfica 9.1).

Tabla 9.1. *Registro de parásitos metazoarios de M. curema para las costas mexicanas*

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Phylum Cnidaria				
Clase Myxozoa				
Familia Sphaerosporidae				
Sphaerospora sp.	GenBank-DQ377695	Pared de la vesícula biliar	Bahía de Chetumal, Chetumal, Quintana Roo	Fiala, 2006 Falkenberg et al., 2022
Phylum Platyhelminthes				
Clase Trematoda				
Familia Diplostomidae				
Subfamilia Diplostominae				
Austrodiplostomum compactum (Lutz, 1928) Dubois, 1970		Cerebro, ojos, aletas, branquias, gónadas, mesenterio, músculo, vejiga natatoria	Laguna de Coyuca (16° 57′ N; 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007 Pérez-Ponce de León et al., 2007
	CNHE-5012		Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González et al., 2015 Pulido-Flores et al., 2015
Diplostomum sp.		Ojos, aletas, cavidad branquial, mesenterio, músculo	Laguna de la Mancha, Veracruz	Pérez-Ponce de León et al., 2007
Familia Strigeidae				
Strigeidae gen. sp.		Aletas, branquias, gónadas, intestino, riñones, hígado, mesenterio, músculo, opérculos	Laguna de la Mancha, Veracruz	Nieto-Pérez ,1998 Pérez-Ponce de León et al., 2007
Familia Clinostomidae				
Subfamilia Clinostominae				
Clinostomum complanatum (Rudolphi, 1814) Braun, 1899	CNHE-5007	Cavidad corporal, aletas, branquias, gónadas, corazón, hígado, mesenterio, músculo, opérculos, escamas	Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
			Laguna de Coyuca (16° 57′ N, 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero; Laguna de la Mancha, Veracruz	Pérez-Ponce de León et al., 2007
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González et al., 2015
				Pulido-Flores et al., 2015
Subfamilia Crassiphialinae				
Posthodiplostomum minimum (MacCallum, 1921) Dubois, 1936		Cavidad corporal, cerebro, ojos, aletas, branquias, gónadas, riñones, hígado, mesenterio, músculo, opérculo	Laguna de la Mancha, Veracruz	Pérez-Ponce de León et al., 2007
Familia Haploporidae				
Subfamilia Haploporinae				
Dicrogaster sp.	CNHE-3041	Intestino, hígado, superficie corporal	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero, 1997
	CNHE-3040			Pérez-Ponce de León et al., 1999
			Laguna del Rosario, Tabasco	López-Jiménez, 2001
			Bahía de Chamela, Jalisco	Pérez-Ponce de León et al., 2007
			Laguna de Tampamachoco (20° 58′ 93″ y 21° 02′ 28″ N, 97° 19′ 99″ y 97° 23′ 10″ O), Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares et al., 2024
Familia Bunocotylidae				
Subfamilia Bunocotylinae				
Parasaturnius maurepasi (Overstreet, 1977) Andrade-Gómez y Pérez-Ponce de León, 2024	CNHE-12843; GenBank OR831227-OR831228	Revestimiento del estómago	Laguna La Carbonera, Yucatán	Andrade-Gómez y Pérez-Ponce de León, 2024

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Subfamilia Waretrematinae				
Saccocoelioides beauforti (Hunter y Thomas, 1961) Overstreet, 1971		Intestino	Laguna del Rosario, Tabasco	Pérez-Ponce de León et al., 2007
Familia Haplosplanchnidae				
Subfamilia Haplosplanchninae				
Haplosplanchnus vinodae Ahmad, 1985		Intestino, estómago	Playa de Salinas de Careyes, San Nicolás, Jalisco	Báez-Valé, 1997 Pérez-Ponce de León et al., 2007
Subfamilia Schikhobalotrematinae				
Schikhobalotrema robustum Pritchard y Manter, 1961	CNHE-1258	Intestino	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Méndez-Villagrán, 1993
			Laguna de la Mancha, Veracruz	Nieto-Pérez, 1998
				Pérez-Ponce de León et al., 2007
Familia Monorchiidae				
Subfamilia Huerleytrematinae				
Hurleytrema sp.		No reportado	Golfo de México, México	Paperna y Overstreet, 1981
				Falkenberg et al., 2022
Familia Cryptogonimidae				
Pseudoacanthostomum panamense Caballero y Caballero, Bravo-Hollis y Grocott, 1953		Branquias, músculo, paredes externas del intestino	Laguna de Coyuca (16° 57′ N; 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
				Pulido-Flores et al., 2015
				Violante-González et al., 2015
Familia Heterophyidae				
Heterophyidae gen. sp. (metacercarias)		Ojos, aletas, branquias, intestino, hígado, músculo, piel, mesenterio	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero, 1997

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
	CNHE-3042 a 3045			Pérez-Ponce de León et al., 1999
				Pérez-Ponce de León et al., 2007
Ascocotyle (Phagicola) longa Ransom, 1920		Tejido graso, branquias, gónadas, corazón, intestino, riñones, hígado, músculo, bazo, estómago, mesenterio	Playa de Salinas de Careyes, Jalisco	Báez-Valé, 1997
			Laguna de Coyuca (16° 57′ N; 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
	CNHE-3928, CNHE-4901		Laguna de Tres Palos, Guerrero	Pérez-Ponce de León et al., 2007
	CNHE-4901			Violante-González et al., 2007
				Pulido-Flores et al., 2015
Ascocotyle (Phagicola) longa (metacercaria)		Corazón, músculo, mesenterio, hígado	Bahía de Chamela, Jalisco	Scholz et al., 1999
	BMNH 2000.6.1.9, CHCM-352, CNHE-3928, IPCAS D-445, USNPC-88537, 90192, 90193		El Jabalí, Marismas de Chalacatepec, río Cuitzmala, Salinas de Careyes, San Nicolás, Jalisco	Scholz et al., 2001
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González et al., 2015
Ascocotyle sp.		Branquias, corazón, riñones, hígado, mesenterio, músculo, bazo	Laguna de la Mancha, Veracruz	Nieto-Pérez, 1998
Centrocestus formosanus (Nishigori, 1924) Price, 1932		Cavidad corporal, branquias, hígado	Laguna de la Mancha, Veracruz	Nieto-Pérez, 1998
Clase Monogenea				
Familia Axinidae				
Axinidae gen. sp.		Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero, 1997
				Pérez-Ponce de León et al., 1999

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Familia Microcotylidae				
Subfamilia Metamicrocotylinae				
Metamicrocotyla chamelense Bravo-Hollis, 1983		Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Mendoza-Garfias, 1996
				Lira-Guerrero, 1997
	CNHE-2811			Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León, 1998
				Pérez-Ponce de León et al., 1999
Metamicrocotyla macracantha (Alexander, 1954) Koratha, 1955		Branquias	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Méndez, 1993
	CNHE-2812	Branquias		Pérez-Ponce de León et al., 1999
		Branquias	Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O), Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006
Metamicrocotyla pacifica Bravo-Hollis, 1982	CNHE-1(P); 2(P)	Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Bravo-Hollis, 1981
				Lamothe-Argumedo et al.,1997
				Lira-Guerrero, 1997
	CNHE-2813, HWML-39535			Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León, 1998
				Pérez-Ponce de León et al., 1999
Subfamilia Microcotylinae				
Solostamenides pseudomugilis (Hargis, 1957) Unnithan, 1971	CNHE-3193	Branquias	Bahía de Chamela (19° 31′ N y 105° 0′ O), Jalisco	Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León, 1998
				Pérez-Ponce de León et al., 1999

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Familia Capsalidae				
Benedenia sp.		Branquias, superficie corporal	Laguna de Tampamachoco (20° 58′ 93″ y 21° 02′ 28″ N, 97° 19′ 99″ y 97° 23′ 10″ O), Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares et al., 2024
Familia Ancyrocephalidae				
Ligophorus mugilinus (Hargis, 1955) Euzet y Suriano, 1977		Branquias	Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O), Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006
			Laguna de Coyuca (16° 57′ N, 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
	CNHE-5010		Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007
				Pulido-Flores et al., 2015
				Violante-González et al., 2015
Ligophorus vandenedenii (Parona y Perugia, 1890) Euzet y Suriano, 1977		Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero, 1997
	CNHE-3037, CNHE-3038			Pérez-Ponce de León et al., 1999
Familia Dactylogyridae				
Dactylogyrus sp.		Branquias	Laguna de Tres Palos, Guerrero	Falkenberg et al., 2022
Phylum Nematoda				
Clase Chromadorea				
Familia Ascarididae				
Anisakis sp.		Hígado, riñón, músculo	*México	Reyes et al., 2020
Subfamilia Contracaecinae				
Contracaecum multipapillatum (Drasche, 1882) Lucker, 1941				

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Contracaecum multipapillatum (Larva III)		Tejido adiposo, órganos internos, médula espinal, musculatura dorsal	Estuarios de Zacatecas, Ensenada de la Paz y Balandra, bahía de la Paz, La Paz, Baja California Sur	Valles-Vega y Prado-Rosas, 2014
			Laguna de Chautengo (16° 36′-16° 38′ N, 99° 09′ O), Florencio Villarreal, Guerrero	Morales-Martínez et al., 2022
Contracaecum sp.		Intestino, mesenterio, hígado, músculo, riñones	Laguna de Coyuca (16° 57′ N, 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
				Pulido-Flores et al., 2015
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González et al., 2015
			*México	Reyes et al., 2020
Contracaecum sp. (Larva III)		Hígado, mesenterio, cavidad corporal, intestino, vena porta hepática, riñones	Bahía de Chamela (19° 31′ N y 105° 04′ O), Jalisco	Lira-Guerrero, 1997
			Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O) Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006
	CNHE-4910		Laguna de Tres Palos (16° 48′ N; 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007
			Laguna de Tampamachoco (20° 58′ 93″ y 21° 02′ 28″ N, 97° 19′ 99″ y 97° 23′ 10″ O) Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares et al., 2024
Familia Anisakidae				
Subfamilia Anisakinae				
Pseudoterranova sp.		Hígado, riñón, músculo	*México	Reyes et al., 2020

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Phylum Arthropoda				
Clase Copepoda				
Familia Bomolochidae				
Holobomolochus sp.		Branquias	Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O) Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006
Familia Ergasilidae				
Ergasilus arthrosis Roberts, 1969		Branquias	Laguna de Alvarado, Veracruz	Chávez-López et al., 1995
				Jiménez-García y Suárez-Morales, 2017
Ergasilus sp.		Superficie corporal y branquias	Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O) Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006
			Laguna de Coyuca (16° 57′ N, 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
			Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007
				Violante-González et al., 2015
			Laguna de Tampamachoco (20° 58′ 93″ y 21° 02′ 28″ N, 97° 19′ 99″ y 97° 23′ 10″ O) Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares et al., 2024
Familia Caligidae				
Caligus sp.		Superficie corporal, Branquias	Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O), Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006

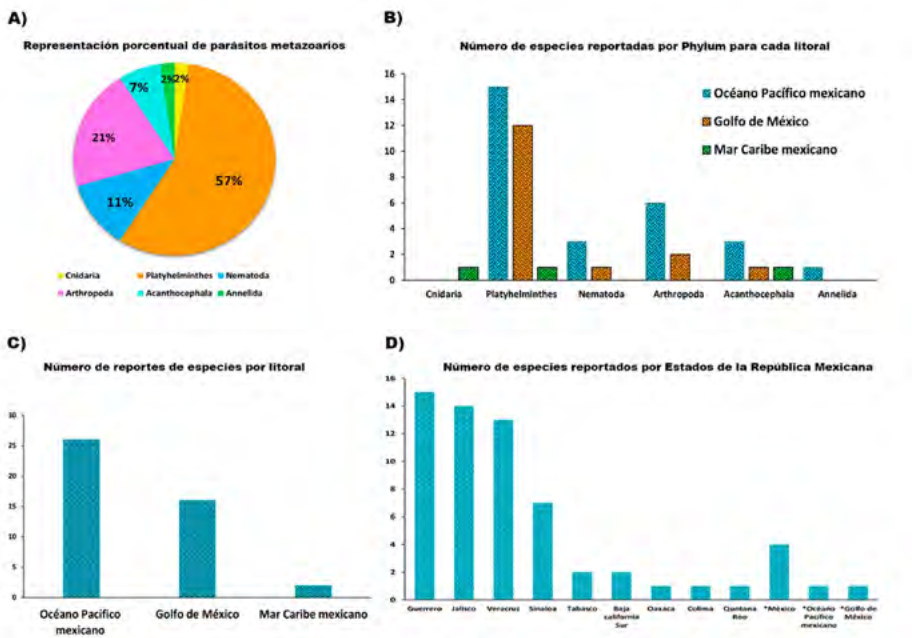
Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
			Laguna de Tampamachoco (20° 58′ 93″ y 21° 02′ 28″ N, 97° 19′ 99″ y 97° 23′ 10″ O) Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares et al., 2024
Familia Lernaeopodidae				
Lernaeopodidae gen. sp.		Branquias	Estuario Urias (23° 10′-23° 13′ N y 106° 20′-106° 25′ O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28′-22° 45′ N y 105° 38′-105° 46′ O), Sinaloa	Fajer-Avila et al., 2006
Naobranchia lizae Krøyer, 1863		Branquias	Costas del océano Pacífico de México	Paperna y Overstreet, 1981
Clase Ichthyostraca				
Familia Argulidae				
Argulus sp.		Piel, aletas	Laguna de Tres Palos, Guerrero	Violante-González et al., 2007
				Violante-González et al., 2015
Phylum Acanthocephala				
Clase Eoacanthocephala				
Familia Neoechinorhynchidae				
Floridosentis elongata Ward, 1953		Intestino	Baja California	Paperna y Overstreet, 1981
			Mar Caribe	Amin, 1998
Floridosentis mugilis (Machado Filho, 1951) Bullock, 1962		Intestino, ciego gástrico, mesenterio, hígado	Bahía de Chamela (19° 31′ N y 105° 04′ O), Jalisco	García-Varela, 1996
				Lira-Guerrero, 1997
	CNHE-2868			Pérez-Ponce de León et al., 1999
			Laguna de Coyuca (16° 57′ N, 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007
	CNHE- 4919		Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007
				Pulido-Flores et al., 2015

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
			Laguna de Chautengo (16° 36′-16° 38′ N; 99° 09′ O), Florencio Villarreal, Guerrero	Morales-Martínez et al., 2022
			Laguna de Tampamachoco (20° 58′ 93″ y 21° 02′ 28″ N, 97° 19′ 99″ y 97° 23′ 10″ O) Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares et al., 2024
Floridosentis pacifica Bravo-Hollis, 1969	CNHE-II-17-(P); CNHE-587 (P); CNHE-615 (P)	Intestino	Salina Cruz, Oaxaca	Bravo-Hollis, 1969
			Área no especificada	Golvan y de Buron, 1988
				Lamothe-Argumedo et al., 1997
	CNHE- 4919		Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2007
				Pulido-Flores et al., 2015
	GenBank-JQ436511		Bahía de Chamela (19° 31′ 54″ N, 105° 4′ 49″ O), Jalisco	Rosas-Valdez et al., 2012
	GenBank-JQ436514		Laguna Cuyutlán (19° 2′ 17″ N, 104° 18′ 11″ O), Colima	Rosas-Valdez et al., 2012
	GenBank-JQ436531		Laguna de Tres Palos (16° 48′ 0″ N, 99° 47′ 00″ O), Guerrero	Rosas-Valdez et al., 2012
	GenBank-JQ436505		Laguna Superior (16° 19′ 48″ N, 95° 01′ 53.1″ O), Oaxaca	Rosas-Valdez et al., 2012
			Laguna de Tres Palos (16° 48′ N, 99° 47′ O), Laguna de Coyuca (16° 57′ N, 100° 02′ O), Guerrero	Violante-González et al., 2015
Phylum Annelida				
Clase Clitellata				
Familia Piscicolidae				

Taxón	*Registro en colección*	*Sitio de infección*	*Localidad*	*Referencia*
Myzobdella lugubris Leidy, 1851		Branquias, boca	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero, 1997
	CNHE-3049 a 3051			Pérez-Ponce de León et al., 1999

Nota: * son registros de parásitos donde el reporte no presenta localización específica.
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 9.1. *A) Porcentajes de especies reportadas por phylum; B) Reportes por phylum de acuerdo con la localidad geográfica; C) reporte total de especies de parásitos por ubicación y de acuerdo con los tres litorales (Golfo de México, océano Pacífico y mar Caribe); D) número de especies reportados por localización*



Nota: * Son registros de parásitos donde el reporte no presenta localización específica.
Fuente: elaboración propia.

El *phylum* más representativo es Platyhelminthes, con 25 especies reportadas para el litoral mexicano: océano Pacífico con 15 registros, 11 a nivel especie, 2 a nivel género y 2 a nivel familia; Golfo de México con 12 registros, 7 a nivel especie, 4 a nivel género y con 1 a nivel familia; mar Caribe mexicano con 1 registro a nivel especie. Arthropoda con 9 especies

(tentativamente) reportadas para litoral mexicano, océano Pacífico con 6 registros, 1 nivel especie, 4 nivel género y 1 nivel familia; Golfo de México 3 registros, 1 a nivel especie, 2 nivel género. Es importante mencionar que *Ergasilus* sp. y *Argulus* sp. son reportados para el océano Pacífico y Golfo de México, sin embargo, estos registros corresponden a zonas biogeográficas distintas, por lo que es posible que se trate de especies distintas. Nematoda cuenta con 4 especies reportadas (océano Pacífico: 2 registros, uno a nivel especie, uno a nivel género); Golfo de México: 2 registros a nivel género, para el registro de *Contracaecum* sp. (Larva III) es para el océano Pacífico y Golfo de México, lo que representan posiblemente especies diferentes; *Anisakis* sp. y *Pseudoterranova* sp. éstos son resultado de un estudio donde los ejemplares de *M. curema* fueron obtenidos en un mercado (Reyes et al., 2020), por tal motivo se desconoce la localidad de los individuos, por lo que se consideran como localidad México. Acanthocephala registra 3 especies (océano Pacífico tres especies; Golfo de México una a nivel especie); Cnidaria registra una para el mar Caribe mexicano, y Annelida una para el océano Pacífico (tabla 9.1 y figura 9.1).

De los parásitos metazoarios enlistados, su distribución comprende a 10 estados de la República Mexicana (océano Pacífico: 6 estados; Golfo de México: 2; mar Caribe: 2). Para el océano Pacífico, **Guerrero:** 12 especies registradas, 13 reportes en diferentes localidades, *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) Dubois, 1970, *Clinostomum complanatum* (Rudolphi, 1814) Braun, 1899, *Ascocotyle* (*Phagicola*) *longa* Ransom, 1920, *Ligophorus mugilinus* (Hargis, 1955) Euzet y Suriano, 1977, *Contracaecum* sp., *Ergasilus* sp., *Floridosentis mugilis* (Aguirre-Macedo, 2007; Pulido-Flores et al., 2015; Machado Filho, 1951) Bullock, 1962 para la laguna de Coyuca y laguna de Tres Palos (Pérez-Ponce de León et al., 2007; Violante-González y Aguirre-Macedo, 2007; Violante-González et al., 2015), *Pseudoacanthostomum panamense* (Aguirre-Macedo, 2007; Caballero y Caballero, Bravo-Hollis y Grocott, 1953) para la laguna de Coyuca (Violante-González y Pulido-Flores et al., 2015, Violante-González et al., 2015), *Argulus* sp., *Dactylogyrus* sp., *F. pacifica* para la laguna de Tres Palos (Falkenberg et al., 2022; Rosas-Valdez et al., 2012; Violante-González et al., 2007; Violante-González et al., 2015); *Contracaecum multipapillatum* (Larva III) (Drasche, 1882) Lucker, 1941 y *F. mugilis* para la laguna de

Chautengo (Morales-Martínez et al., 2022). **Jalisco:** 12 especies registradas y 14 reportes en localidades diferentes *Dicrogaster* sp., *Heterophyidae* gen. sp., *A. (Phagicola) longa* (metacercaria), *Metamicrocotyla chamelense* Bravo-Hollis, 1983, *Me. pacifica*, *S. pseudomugilis*, *Ligophorus vandenedenii* (Parona y Perugia, 1890) (Euzet y Suriano, 1977), (Plathelmintes), *Contracaecum* sp. (Larva III) (Nematoda), *F. mugilis*, *F. pacifica* (Acanthocephala), *My. lugubris* Leidy, 1851 (Annelida) para la bahía de Chamela (Bravo-Hollis, 1981; García-Varela, 1996; Mendoza-Garfias, 1996; Lamothe-Argumedo et al., 1997; Lira-Guerrero, 1997; Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León, 1998; Pérez-Ponce de León et al., 1999; Scholz et al., 1999; Pérez-Ponce de León et al., 2007; Violante-González et al., 2007; Rosas-Valdez et al., 2012); *A. (Ph.) longa* Ransom, 1920, *Haplosplanchnus vinodae* Ahmad, 1985 para Playa de Salinas de Careyes, San Nicolás (Báez-Valé, 1997; Scholz et al., 2001; Pérez-Ponce de León et al., 2007); *A. (Ph) longa* (metacercaria) para El Jabalí, Marismas de Chalacatepec, río Cuitzmala (Scholz et al., 2001). **Sinaloa:** 7 especies reportadas, *Me. macracantha* (Alexander, 1954) Koratha, 1955, *L. mugilinus*, *Contracaecum* sp. (Larva III), *Holobomolochus* sp., *Ergasilus* sp., *Caligus* sp., *Lernaeopodidae* gen. sp., para estuario Urias, Mazatlán; estuario Teacapan, Sinaloa (Fajer-Avila et al., 2006). **Baja California Sur:** 2 especies registradas, *Co. multipapillatum* (larva III) estuarios de Zacatecas, Ensenada de la Paz y Balandra, bahía de la Paz, La Paz, y *F. elongata* solo reportado para Baja California (Paperna y Overstreet, 1981). **Oaxaca:** 1 especie registrada, *F. pacifica*, laguna Superior y Salina Cruz (Bravo-Hollis, 1969; Lamothe-Argumedo et al., 1997; Rosas-Valdez et al., 2012; Pulido-Flores et al., 2015). **Colima:** 2 especies registradas *F. pacifica* laguna Cuyutlán (Rosas-Valdez et al., 2012) y *Naobranchia lizae* Krøyer, 1863 para las Costas del océano Pacífico mexicano (Paperna y Overstreet, 1981). Para el Golfo de México, **Veracruz:** 14 especies registradas y 15 reportes en localidades diferentes, de ellos *Diplostomum* sp., *Strigeidae* gen. sp., *Cl. complanatum*, *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) Dubois, 1936, *Schikhobalotrema robustum* Pritchard y Manter, 1961, *Ascocotyle* sp., *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) Price, 1932 para laguna La Mancha (Nieto-Pérez, 1998; Pérez-Ponce de León et al., 2007); *Dicrogaster* sp., *Benedenia* sp., *Contracaecum* sp. (Larva III), *Ergasilus* sp., *Caligus* sp., *F. mugilis* para la laguna de Tam-

pamachoco, Tuxpan (Fuentes-Olivares et al., 2024); *S. robustum*, *Me. macracantha* para la laguna de Tamiahua (Méndez-Villagrán, 1993); *E. arthrosis* para la laguna de Alvarado (Chávez-López et al., 1995; Jiménez-García y Suárez-Morales, 2017). **Tabasco:** 1 especie registrada *Dicrogaster* sp., *Saccocoelioides beauforti* (Hunter y Thomas, 1961) Overstreet, 1971 para la laguna del Rosario (López-Jiménez, 2001; Pérez-Ponce de León et al., 2007); Golfo de México, México *Hurleytrema* sp. (Paperna y Overstreet, 1981; Falkenberg et al., 2022); asimismo, solo se reporta para México sin localidad precisa 3 especies: *Anisakis* sp., *Contracaecum* sp. y *Pseudoterranova* sp. (Reyes et al., 2020). Para el mar Caribe mexicano, **Yucatán:** 1 especie registrada *Parasaturnius maurepasi* (Overstreet, 1977) Andrade-Gómez y Pérez-Ponce de León, 2024, laguna La Carbonera. **Quintana Roo:** 2 especies registradas *Sphaerospora* sp. bahía de Chetumal, Chetumal, Quintana Roo (Fiala, 2006; Falkenberg et al., 2022); reportados para mar Caribe mexicano *F. elongata* (Amin, 1998); y *F. pacifica* México, sin localización específica (Golvan y De Buron, 1988) (tabla 9.1 y gráfica 9.1).

Parásitos con potencial zoónotico en *Mugil curema* de las costas mexicanas

En la presente recopilación se registra la presencia de parásitos con potencial de riesgo zoonótico para la familia Mugilidae, que incluye a digeneos y nematodos, entre ellos: *A. (Ph) longa*, *A. compactum*, *Cl. complanatum, Ce. formosanus, Anisakis* sp., *Co. multipapillatum, Contracaecum* sp. y *Pseudoterranova* sp. con distribución en los estados de Guerrero, Jalisco, Baja California Sur y Veracruz (Aguirre-Macedo, 2007; Báez-Valé, 1997; Carnevia et al., 2005; Lira-Guerrero, 1997; Fajer-Avila et al., 2006; Fuentes-Olivares et al., 2024; Martínez et al., 2022; Nieto-Pérez, 1998; Pérez-Ponce de León et al., 2007; Reyes et al., 2020; Scholz et al., 2001; Violante-González y Violante-González et al., 2007; Violante-González et al., 2015) (tabla 9.1). De manera general, todas las especies de peces deben ser consideradas como fuentes potenciales de parásitos zoonóticos (Cespedes, 2010). En países costeros donde se consume pescado crudo, debido a que los peces

pueden estar infectados con parásitos o bacterias que resultan potencialmente zoonóticos, se presume que todas las especies de peces podrían estar infectadas con nematodos, cestodos y digeneos (Eiras et al., 2018). Por lo tanto, el riesgo de ingerir algún patógeno al comer pescado crudo o poco cocinado se considera alto y puede constituir un problema de salud pública. Los nematodos, cestodos y digeneos zoonóticos transmitidos por peces pueden infectar a humanos y presentar serias consecuencias, incluida la muerte; estos riesgos han sido documentados en diversas investigaciones como la realizada por Eiras et al. (2018), quienes recopilaron infecciones por nematodos en los países de América del Sur y caracterizan el estado actual de las nematodiasis transmitidas por peces en humanos, en países sudamericanos. Los nematodos más comunes en los peces que pueden causar infecciones en humanos son *Hysterothylacium* spp., *Contracaecum* spp., *Eustrongylides* spp. (Agrawal et al., 2014; Eberhard y Ruiz-Tiben, 2014; Ignjatovic et al., 2003; Nagasawa, 2012), *Anisakis* spp., *Pseudoterranova* spp. y *Gnathostoma* spp., con distribución mundial (Arizono et al., 2011; Gómez del Prado-Rosas et al., 2017; Herman et al., 2009; Lamothe Argumedo, 2006; Nawa et al., 2010).

Los helmintos parásitos son especialmente preocupantes debido a su diversidad y abundancia en ecosistemas acuáticos tropicales, lo que resalta la complejidad del ciclo de vida de estos parásitos, que depende de la red alimentaria para su transmisión; el tamaño del hospedero también influye en la probabilidad de infección, ya que las especies de peces más grandes tienden a albergar más parásitos. Sin embargo, muchos parásitos zoonóticos no presentan síntomas en los peces infectados, lo que dificulta su detección, especialmente en el caso de larvas. En total, más de 40 taxa de parásitos de peces son capaces de causar infecciones en humanos, lo que subraya la necesidad de mejorar las medidas de control y prevención en la seguridad alimentaria (Ziarati et al., 2022).

Los nematodos muestran poca especificidad hospedatoria en sus etapas larvarias, por tal motivo son altamente infecciosas para los humanos; incluso si se encuentran en el tracto gastrointestinal del pez, las larvas migran a través de la mucosa gastrointestinal hacia las vísceras y los tejidos musculares circundantes después de que el pez muere; por lo tanto, pueden suponer un riesgo para la salud humana. Los humanos se consideran

hospederos accidentales dentro de su ciclo de vida, ya que el desarrollo del parásito se detiene (hipobiosis) dentro del tracto gastrointestinal humano (Ziarati et al., 2022).

Lista parásito-hospedero de *Mugil curema* para las costas de México

Phylum Cnidaria Hatschek, 1888
Myxozoa Grassé, 1970
Sphaerosporidae Davis, 1917
***Sphaerospora* sp.**
Hábitat: pared de la vesícula biliar.
Referencia: Fiala (2006); Falkenberg et al. (2022)
Ref. col.: GenBank DQ377695
Localidad: Bahía de Chetumal, Chetumal, Quintana Roo, Mar Caribe.

Phylum Platyhelminthes Gegenbaur, 1859
Clase Trematoda Rudolphi, 1808. **Subclase digenea** Carus, 1863
Diplostomidae Poirier, 1886
Austrodiplostomum compactum (Lutz, 1928) Dubois, 1970
Hábitat: cerebro, ojos, aletas, branquias, gónadas, mesenterio, músculo, vejiga natatoria.
Referencia: Pérez-Ponce de León et al. (2007); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Violante-González et al. (2007); Pulido-Flores et al. (2015); Violante-González et al. (2015).
Ref. col.: CNHE-5012
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero.

***Diplostomum* sp.**
Hábitat: ojos, aletas, cavidad branquial, mesenterio, músculo.
Referencia: Pérez-Ponce de León et al. (2007).
Localidad: Laguna de la Mancha, Veracruz.
Strigeidae Railliet, 1919
***Strigeidae* gen. sp.**

Hábitat: aletas, branquias, gónadas, intestino, riñones, hígado, mesenterio, músculo, opérculos.
Referencia: Nieto-Pérez (1998); Pérez-Ponce de León et al. (2007)
Localidad: Laguna de la Mancha, Veracruz.

Clinostomidae Lühe, 1901
Clinostomum complanatum (Rudolphi, 1814) Braun, 1899
Hábitat: cavidad corporal, aletas, branquias, gónadas, corazón, hígado, mesenterio, músculo, opérculos, escamas.
Referencia: Pérez-Ponce de León et al. (2007); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Violante-González et al. (2007); Pulido-Flores et al. (2015); Violante-González et al. (2015).
Ref. col.: CNHE-5007
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero; laguna de la Mancha, Veracruz.

Posthodiplostomum minimum (MacCallum, 1921) Dubois, 1936
Hábitat: cavidad corporal, cerebro, ojos, aletas, branquias, gónadas, riñones, hígado, mesenterio, músculo, opérculo.
Referencia: Pérez-Ponce de Leon et al. (2007).
Localidad: Laguna de la Mancha, Veracruz.

Haploporidae Nicoll, 1914
***Dicrogaster* sp.**
Hábitat: superficie corporal, intestino, hígado.
Referencia: Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999); López-Jiménez (2001); Pérez-Ponce de León et al. (2007); Fuentes-Olivares et al. (2024).
Ref. col.: CNHE-3041, CNHE-3040
Localidad: Bahía de Chamela, Jalisco; laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O), Tuxpan, Veracruz; laguna del Rosario, Tabasco.

Bunocotylidae Dollfus, 1950
Parasaturnius maurepasi (Overstreet, 1977) Andrade-Gómez y Pérez-Ponce de León, 2024.

Hábitat: revestimiento del estómago.
Referencia: Andrade-Gómez y Pérez-Ponce de León (2024).
Ref. col.: CNHE-12843; GenBank OR831227-OR831228
Localidad: Laguna La Carbonera, Yucatán.

Heterophyidae Leiper, 1909
***Heterophyidae* gen. sp.**
Hábitat: branquias, hígado e intestino.
Referencia: Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-3042 a 3045
Localidad: Bahía de Chamela, Jalisco.

Centrocestus formosanus (Nishigori, 1924) Price, 1932
Hábitat: cavidad corporal, branquias, hígado.
Referencia: Nieto-Pérez (1998).
Localidad: Laguna de la Mancha, Veracruz.

Saccocoelioides beauforti (Hunter y Thomas, 1961) Overstreet, 1971
Hábitat: intestino.
Referencia: Pérez-Ponce de León et al. (2007).
Localidad: Laguna del Rosario, Tabasco.

Haplosplanchnidae Poche, 1926
Haplosplanchnus vinodae Ahmad, 1985
Hábitat: intestino, estómago.
Referencia: Báez-Valé (1997); Pérez-Ponce de León et al. (2007).
Localidad: Playa de Salinas de Careyes, Jalisco.

Schikhobalotrema robustum Pritchard y Manter, 1961
Hábitat: intestino.
Referencia: Méndez-Villagrán (1993); Nieto-Pérez (1998); Pérez-Ponce de León et al. (2007).
Ref. col.: CNHE-1258
Localidad: Laguna de Tamiahua, laguna de la Mancha, Veracruz.

Monorchiidae Odhner, 1911
***Hurleytrema* sp.**
Hábitat: no reportado.
Referencia: Paperna y Overstreet (1981); Falkenberg et al. (2022).
Localidad: Golfo de México, México.

Cryptogonimidae Ward, 1917
Pseudoacanthostomum panamense Caballero y Caballero, Bravo-Hollis y Grocott, 1953.
Hábitat: branquias, músculo, pared externa del intestino.
Referencia: Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Pulido-Flores et al. (2015); Violante-González et al. (2015).
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), Guerrero.

Heterophyidae Leiper, 1909
***Heterophyidae* gen. sp.** (metacercarias)
Hábitat: ojos, aletas, branquias, intestino, hígado, músculo, piel.
Referencia: Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999); Pérez-Ponce de León et al. (2007).
Localidad: Bahía de Chamela, Jalisco.

Ascocotyle (Phagicola) longa Ransom, 1920
Hábitat: tejido graso, branquias, gónadas, corazón, intestino, riñones, hígado, músculo, bazo, estómago, mesenterio.
Referencia: Báez-Valé (1997); Pérez-Ponce de León et al. (2007); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Violante-González et al. (2007); Pulido-Flores et al. (2015).
Ref. col.: CNHE-3928, CNHE-4901
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero.

***A. (Phagicola) longa* (metacercaria)**
Hábitat: corazón, mesenterio, hígado
Referencia: Scholz et al. (1999); Scholz et al. (2001); Violante-González et al. (2015).

Ref. col.: BMNH 2000.6.1.9, CHCM-352, CNHE-3928, IPCAS D-445, USNPC-88537, 90192, 90193
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero; bahía de Chamela, El Jabalí, marismas de Chalacatepec, río Cuitzmala, Salinas de Careyes, San Nicolás, Jalisco.

***Ascocotyle* sp.**
Hábitat: branquias, corazón, riñones, hígado, mesenterio, músculo, bazo.
Referencia: Nieto-Pérez (1998); Pérez-Ponce de León et al. (2007).
Localidad: Laguna de la Mancha, Veracruz.

Clase Monogenea (Van Beneden, 1858) Car'us 1863
Subclase Polypisthocotylea Odhner, 1912
Axinidae Monticelli, 1903.
***Axinidae* gen. sp.**
Hábitat: branquias.
Referencia: Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-3039
Localidad: Bahía de Chamela, Jalisco.

Microcotylidae Taschenberg, 1879
Metamicrocotyla chamelense Bravo-Hollis, 1983
Hábitat: branquias.
Referencia: Mendoza-Garfias (1996); Lira-Guerrero (1997); Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León (1998); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-2811
Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' N y 105° 04' O), Jalisco.

Metamicrocotyla macracantha (Alexander, 1954) Koratha, 1955
Hábitat: branquias.
Referencia: Méndez-Villagrán (1993); Pérez-Ponce de León et al. (1999); Fajer-Avila et al. (2006).
Ref. col.: CNHE-2812
Localidad: Laguna de Tamiahua, Veracruz; estuario Urias, Mazatlán

(23° 10'- 23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O); estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O) Sinaloa.

Metamicrocotyla pacifica Bravo-Hollis, 1982
Hábitat: branquias.
Referencia: Bravo-Hollis (1981); Lamothe-Argumedo et al. (1997); Lira-Guerrero (1997); Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León (1998); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-1(P); CNHE-2(P); CNHE-2813; HWML-39535
Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' N y 105° 04' O), Jalisco.

Solostamenides pseudomugilis (Hargis, 1957) Unnithan, 1971
Hábitat: branquias.
Referencia: Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León (1998); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-3193
Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' N y 105° 04' O), Jalisco.

Subclase Monopisthocotylea Odhner, 1912
Capsalidae Baird, 1853
***Benedenia* sp.**
Hábitat: branquias, superficie corporal
Referencia: Fuentes-Olivares et al. (2024).
Localidad: Laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O), Tuxpan, Veracruz.

Ancyrocephalidae Bychowsky, 1937
Ligophorus mugilinus (Hargis, 1955) Euzet y Suriano, 1977
Hábitat: branquias.
Referencia: Fajer-Avila et al. (2006); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Pulido-Flores et al. (2015); Violante-González et al. (2015).
Ref. col.: CNHE-5010
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero; estuario Urías (23° 10'- 23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O), Sinaloa.

Ligophorus vandenedenii **(**Parona y Perugia, 1890) Euzet y Suriano, 1977
Hábitat: branquias.
Referencia: Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-3037, CNHE-3038
Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' N y 105° 04' O), Jalisco.

Dactylogyridae Bychowsky, 1933
Dactylogyrus **sp.**
Hábitat: branquias.
Referencia: Falkenberg et al. (2022).
Localidad: Laguna de Tres Palos, Guerrero.

Phylum Nematoda Rudolphi 1858
Clase Chromadorea Inglis, 1983
Ascarididae Baird, 1853
Anisakis **sp.**
Hábitat: hígado, riñón, músculo
Referencia: Reyes et al. (2020).
Localidad: *México.
Nota: *localidad precisa no es referida, debido a que los ejemplares de *M. curema* se obtuvieron en un mercado de la ciudad de Tulancingo, Hidalgo.

Contracaecum multipapillatum (Drasche, 1882) Lucker, 1941 (larva III)
Hábitat: tejido adiposo, órganos internos, médula espinal, musculatura dorsal.
Referencia: Valles-Vega y Prado-Rosas (2014).
Localidad: Estuarios de Zacatecas, Ensenada de la Paz y Balandra, bahía de la Paz, La Paz, Baja California Sur.

Contracaecum **sp.**
Hábitat: intestino, mesenterio, hígado, riñones, músculo.
Referencia: Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Pulido-Flores et al. (2015); Violante-González et al. (2015); Reyes et al. (2020).
Localidad: Laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Tres Palos

(16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero; *México.

Nota: *localidad precisa no es referida, debido a que los ejemplares de *M. curema* se obtuvieron en un mercado de la ciudad de Tulancingo, Hidalgo.

***Contracaecum* sp. (Larva III)**

Hábitat: hígado, mesenterio, cavidad corporal, intestino, vena porta hepática, riñones.

Referencia: Lira-Guerrero (1997); Fajer-Avila et al. (2006); Violante-González et al. (2007); Martínez et al. (2022); Fuentes-Olivares et al. (2024).

Ref. col.: CNHE-4910

Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' N y 105° 04' O), Jalisco; laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), laguna de Chautengo (16° 36'-16° 38' N; 99° 09' O), Florencio Villarreal, Guerrero; estuario Urias (23° 10'- 23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O) Sinaloa; laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O) Tuxpan, Veracruz.

Anisakidae Railliet y Henry, 1912

***Pseudoterranova* sp.**

Hábitat: hígado, riñón, músculo.

Referencia: Reyez et al. (2020).

Localidad: *México.

Nota: *localidad precisa no es referida, debido a que los ejemplares de *M. curema* se obtuvieron en un mercado de la ciudad de Tulancingo, Hidalgo.

Phylum Arthropoda Gravenhorst, 1843

Clase Copepoda Milne Edwards, 1840

Bomolochidae Claus, 1875

***Holobomolochus* sp.**

Hábitat: branquias.

Referencia: Fajer-Avila et al. (2006).

Localidad: estuario Urias (23° 10'-23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O), Mazatlán;

estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O) Sinaloa.

Ergasilidae Burmeister, 1835

Ergasilus arthrosis Roberts, 1969

Hábitat: branquias.

Referencia: Chávez-López et al. (1995); Jiménez-García y Suárez-Morales (2017).

Localidad: Laguna de Alvarado, Veracruz.

***Ergasilus* sp.**

Hábitat: branquias, superficie corporal.

Referencia: Fajer-Avila et al. (2006); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Violante-González et al. (2007); Violante-González et al. (2015); Fuentes-Olivares et al. (2024).

Localidad: Laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), Guerrero; estuario Urias (23° 10'- 23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O), Mazatlán, estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O) Sinaloa; laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O) Tuxpan, Veracruz.

Caligidae Burmeister, 1835

***Caligus* sp.**

Hábitat: branquias, superficie corporal.

Referencia: Fajer-Avila et al. (2006); Fuentes-Olivares et al. (2024).

Localidad: estuario Urias (23° 10'- 23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O), Mazatlán, estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O) Sinaloa; laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O) Tuxpan, Veracruz.

Lernaeopodidae Milne Edwards, 1840

***Lernaeopodidae* gen. sp.**

Hábitat: branquias.

Referencia: Fajer-Avila et al. (2006).

Localidad: Estuario Urias (23° 10'-23° 13' N y 106° 20'-106° 25' O), Mazatlán; estuario Teacapan (22° 28'-22° 45' N y 105° 38'-105° 46' O) Sinaloa.

Naobranchia lizae (Krøyer, 1863)
Hábitat: branquias.
Referencia: Paperna y Overstreet (1981).
Localidad: costas del Pacífico de México.

Clase Ichthyostraca Zrzavý, Hypša y Vlášková, 1997
Argulidae Leach, 1819
***Argulus* sp.**
Hábitat: piel y aletas.
Referencia: Violante-González et al. (2007); Violante-González et al. (2015).
Localidad: Laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero.

Phylum Acanthocephala Rudolphi, 1808
Clase Eoacanthocephala Van Cleve, 1936
Neoechinorhynchidae Ward, 1917
Floridosentis elongata Ward, 1953
Hábitat: intestino.
Referencia: Paperna y Overstreet (1981); Amin (1998).
Localidad: Baja California y mar Caribe.

Floridosentis mugilis (Machado Filho, 1951) Bullock, 1962
Hábitat: intestino.
Referencia: García-Varela (1996); Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Violante-González et al. (2007); Pulido-Flores et al. (2015); Martínez et al. (2022); Fuentes-Olivares et al. (2024).
Ref. col.: CNHE-2868, CNHE-4919
Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' N y 105° 04' O), Jalisco; laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), laguna de Coyuca (16° 57' N; 100° 02' O), laguna de Chautengo (16° 36'-16° 38' N; 99° 09' O), Florencio Villarreal, Guerrero; laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O) Tuxpan, Veracruz.

***Floridosentis pacifica* Bravo-Hollis, 1969**
Hábitat: intestino.

Referencia: Bravo-Hollis (1969); Golvan y de Buron (1988); Lamothe-Argumedo et al. (1997); Violante-González et al. (2007); Rosas-Valdez et al. (2012); Pulido-Flores et al. (2015).

Ref. col.: CNHE-II-17 (P), CNHE-587 (P); CNHE-615 (P), CNHE-4919, GenBank-JQ436511, JQ436514, JQ436531, JQ436505.

Localidad: Laguna de Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), laguna de Coyuca, Guerrero; bahía de Chamela (19° 31' 54" N, 105° 4' 49" O), Jalisco; laguna Cuyutlán (19° 02' 17" N, 104° 18' 11" O), Colima; laguna Superior (16° 19' 48" N, 95° 01' 53.1" O), Salina Cruz, Oaxaca.

Phylum Annelida Lamarck, 1802
Clase Clitellata Michaelsen, 1919
Piscicolidae Johnston, 1865
Myzobdella lugubris Leidy, 1851
Hábitat: branquias y boca.
Referencia: Lira-Guerrero (1997); Pérez-Ponce de León et al. (1999).
Ref. col.: CNHE-3049 a 3051
Localidad: Bahía de Chamela (19° 31' 54" N, 105° 4' 49" O), Jalisco.

Referencias

Agrawal, R., Kumar, P., Mishra, P., Gupta, R. y Premi, H. (2014). Dioctophyma renale: A chance finding on bladder catheterisation of a pregnant female. *Indian Journal of Critical Care Case Report, 3*, 70-72.

Alves, D. R. (2014). Metazoan parasites of *Mugil curema* (Osteichthyes: Mugilidae) from the coastal Rio de Janeiro. *UniFOA, 9*(24), 67-75.

Amin, O. M. (1998). *Marine flora and fauna of the Eastern United States Acanthocephala*. NOAA.

Andrade-Gómez, L. y Pérez-Ponce de León, G. (2024). *Parasaturnius maurepasi n. gen. et n. comb.* (Digena: Bunocotylidae) from the stomach of the silver mullet, *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) in coastal lagoons of northern Yucatán, México. *Systematic Parasitology, 101*(16), 1-13.

Arizono, N., Miura, T., Yamada, M., Tegoshi, T. y Onishi, K. (2011). Human infection with Pseudoterranova azarasi roundworm. *Emerging Infectious Diseases,17*(3), 555.

Báez-Valé, R. y Salgado-Maldonado, G. A. (1997). *Comunidades de helmintos parásitos de peces de la laguna Salinas de Careyes, Jalisco, México* [Tesis Doctoral inédita] Universidad Nacional Autónoma de México.

Blaber, S. J. (1997). *Fish and fisheries in tropical estuaries* (vol. 22). SSBM.

Bravo-Hollis, M. (1969). Helmintos de peces del Pacífico mexicano. Sobre dos especies del género Floridosentis ward, 1953, acantocéfalos de la familia Neoechinorhynchidae Van Cleave, 1919. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, *Serie Zoología, 40*, 1-14.

Bravo-Hollis, M. (1981). Helmintos de peces del Pacífico mexicano. Sobre un género y subfamilia nuevos de la familia Microcotylidae Taschenberg, 1879 emend. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, 8*, 305-314.

Bravo-Hollis, M. (1983). Helmintos de peces del Pacífico mexicano. XL. Descripción de una nueva especie del género Metamicrocotyla Yamaguti, 1953 (Monogenea: Microcotylidae). *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, *10*, 17-22.

Carlson, C. J., Dallas, T. A., Alexander, L. W., Phelan, A. L. y Phillips, A. J. (2020). What would it take to describe the global diversity of parasites? *Proceedings of the Royal Society B, 287*. https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1841

Carnevia, D., Castro, O., Peretta, A. y Venzal, J. M. (2005). Identificación en Uruguay de metacercarias de *Ascocotyle (Phagicola) longa Digenea: Heterophyidae* parasitando lisas, *Mugil platanus* Pisces: Mugilidae y evaluación del riesgo de zoonosis y afecciones en mascotas. *Veterinaria (Montevideo), 40*, 159-160.

Castro-Aguirre, J. L. (1978). Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. *Serie Científica, 19*, 1-298.

Céspedes, R., Iannacone, J. y Salas, A. (2011). Helmintos parásitos de *Dosidicus gigas "*Pota" eviscerada en Arequipa, Perú. *Ecología Aplicada, 10*(1), 1-11.

Costello, M. J. (2016). Parasite rates of discovery, global species richness and host specificity. *Integrative Comparative Biology, 56*, 588-599.

Chai, J. Y., Murrell, K. D. y Lymbery, A. J. (2005). Fish-borne parasitic zoonoses: Status and issues. *International Journal of Parasitology, 35*, 1233-1254. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.07.013

Chávez, L. R. y J. Montoya. (1988a). *Nemátodos y acantocéfalos del tracto digestivo de la "lebrancha"* Mugil curema *(Valencienne, 1836) de la laguna de Tamiahua, Veracruz* [Disertación Doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México,

Chávez-López, R., González, S. y Franco-López, J. (1995). *Ergasilus arthrosis* copépodo parásito de la lebrancha *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae). *Revista Zoología, 7*, 6-13.

Dobson, A., Lafferty, K. D., Kuris, A. M., Hechinger R. F. y Jetz, W. (2008). Homage to Linnaeus: How many parasites? How many hosts? *PNAS, 105*(29). https://doi.org/10.1073/pnas.0803232105

Eberhard, M. L. y Ruiz-Tiben, E. (2014). Case report: Cutaneous emergence of Eustrongylides in two persons from South Sudan. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 90*(2), 315.

Eiras, J. C., Pavanelli, G. C., Takemoto, R. M. y Nawa, Y. (2018). Fish-borne nematodiases

in South America: Neglected emerging diseases. *Journal of Helminthologu, 92*(6), 649-654.

Fajer-Avila, E. J., García-Vásquez, A., Plascencia-González, H., Ríos-Sicairos, J., Parra, L. G. D. L. y Betancourt-Lozano, M. (2006). Copepods and larvae of nematodes parasiting the white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of anthropogenic impacts in tropical coastal lagoons? *Environmental Monitoring and Assessment, 122*, 221-237.

Falkenberg, J. M., Lima, V. M. D., Vieira, G. H. y Lacerda, A. C. F. (2022). Metazoan parasites of white mullet *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) and new records of occurrence in the western Atlantic, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciência, 94*(1).

Fiala, I. (2006). The phylogeny of Myxosporea (Myxozoa) based on small subunit ribosomal RNA gene analysis. *International Journal for Parasitology, 36*(14), 1521-1534. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2006.06.012

Froese, R. y Pauly, D. (2024). Taking stock of global fisheries. *Science, 385*(6711), 824-825.

Fuentes-Olivares, M., Rodríguez -Santiago, M. A., Garcés-García, K. C. y Ávila Torres, E. (2024). Community of metazoan parasites in a commercial fish *Mugil curema Cuvier* and *Valenciennes,* 1836 in Tuxpan, Veracruz México. *Journal of Advanced Research, 24*, 233-245.

García-Varela, J. M. y Laclette, J. P. A. (1996). Diferenciación morfológica y molecular de las especies del género Floridosentis Ward, 1953 (Acanthocephala) en las costas del Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 67*(2), 123-134.

Golvan, Y. J. y de Buron, I. (1988). Les hôtes des Acanthocéphales. II-Les hôtes définitifs. 1. Poissons. *Annales de Parasitolegie Humaine et Comparée, 63*(5), 349-375.

Gómez del Prado-Rosas, M. D. C., Lozano-Cobo, H., Alvariño, L. y Iannacone, J. (2017). Comparación de la biodiversidad parasitaria de *Paralabrax clathratus* (Girard, 1854) y P. humeralis (valenciennes, 1828) (Pisces: Serranidae) del Pacífico oriental. *Neotropical Helminthology, 11*(1), 167-186.

Grano-Maldonado, M. I. y Pérez Ponce de León, G. (2023). Patterns of diversity of the metazoan parasite fauna of marine fishes from Mazatlán Bay, Sinaloa. *Revista CIMAR UAS, 1*(1), 59-85.

Herman, J. S. y Chiodini, P. L. (2009). Gnathostomiasis, another emerging imported disease. *Clinical Microbiology Reviews, 22*, 484-492.

Hugot, J. P., Baujard, P. y Morand, S. (2001). Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: An overview. *Nematology, 3*, 199-208.

Ignjatovic, I., Stojkovic, I., Kutlesic, C. y Tasic, S. (2003). Infestation of the human kidney with *Dioctophyma renale. Urologia Internationalis. 70*(1), 70-73.

Jiménez-García, M. I. y Suárez-Morales, E. (2017). Complementary description of *Ergasilus arthrosis Roberts,* 1969 (Copepoda: Poecilostomatoida: Ergasilidae), a new parasite of cichlid teleosts in southeast Mexico. *Systematic Parasitology, 94*(1), 81-90.

Lamothe-Argumedo, R. (2006). Gnatostomiasis ocular humana: Casos registrados en todo el mundo entre 1937 y 2005. *Revista Mexicana de Oftalmología, 80*(4), 185-190.

Lamothe-Argumedo, R., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., y Pérez-Ponce de León, G.

(1997). *Catálogo de la colección nacional de helmintos*. Universidad Nacional Autónoma de México

Lira-Guerrero, G. (1997). *Fauna helmintológica de dos especies de mugilídos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco, México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

López-Jiménez, S. (2001). Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del estado de Tabasco. *Gaceta Regional Sigolfo, 3*, 8-10.

Lowe-McConnell, R. H. (1999). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. En *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais* (pp. 534-534). Universidade de São Paulo.

Marcogliese, D. J. (2001). Pursuing parasites up the food chain: Implications of food web structure and function on parasite communities in aquatic systems. *Acta Parasitol, 46*, 82-93.

Marcogliese, D. J. (2005). Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health? *International Journal for Parasitology, 35*, 705-716.

Martínez, K. A. M., García, C. M., Delgado, A. F., Güitrón, L. C., Saravia, D. O., Montañez, M. S. y Villalobos, N. (2022). Parasite identification in mullet fish *(Mugil curema)* from Chautengo Lagoon, Guerrero, Mexico, based on morphology and molecular analysis. *Experimental Parasitology, 240*.

Méndez-Villagrán, A. (1993). *Contribución al estudio de los parásitos de la lisa,* Mugil cephalus *(Linnaeus, 1758) y la lebrancha,* Mugil curema *(Valenciennes, 1836) en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México* [Tesis Licenciatura]. Universidad Veracruzana.

Mendoza-Garfias, B. y Pérez-Ponce de León, G. (1998). Microcotílidos (Monogenea: Microcotylidae) parásitos de peces marinos de la bahía de Chamela, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie de Zoología, 69*, 139-153.

Mendoza-Garfias, M. B. (1996). *Monogeneos de la familia Microcotylidae parásitos de peces de la bahía de Chamela, Jalisco, con un análisis filogenético de las especies del género Cynoscionicola Price, 1962* [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Menezes, N. A. (1983). Guia prático para conhecimento e identificação de Tainhas e Paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral Brasileiro. *Revista Brasileira de Zoología, 2*(1), 1-12.

Menezes, N. A. y Figueiredo, J. L. (1985). *Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil*. (vol. 4). Universidade de São Paulo.

Morales-Martínez, K. A., Muñoz García, C., Figueroa Delgado, A., Chávez Güitrón, L., Osorio Saravia, D., Saavedra Montañez, M., Martínez Maya, J. J., Rubio, J. M. y Villalobos, N. (2022). Parasite identification in mullet fish *(Mugil curema)* from Chautengo Lagoon, Guerrero, Mexico, based on morphology and molecular analysis. *Experimental Parasitology, 240*.

Nagasawa, K. (2012). The biology of *Contracaecum osculatum* sensu lato and *C. osculatum* (Nematoda: Anisakidae) in Japanese waters: A review. *Biosphere Science, 51*, 61-69.

Nawa, Y., Katchanov, J., Yoshikawa, M., Rojekittikhun, P., Decumyoy, P., Kusolusuk, T. y Watanakulpanich, D. (2010). Ocular gnathostomiasis: A comprehensive review. *The Journal of Tropical Medicine and Parasitology, 33*(2), 77-86.

Nieto-Pérez M. V. (1998). *Fauna helmintológica de la lebrancha* Mugil curema *(Valen-*

ciennes, 1836) en la laguna de La Mancha, municipio de Actopan, Veracruz, México. B. S. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Veracruzana.

Paperna, I. y Overstreet, R. M. (1981). Parasites and diseases of mullets (Mugilidae). *Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology, 579*. http://digitalcommons.unl.edu/parasitologyfacpubs/579

Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., León-Regagnon, V., Pulido-Flores, G., Aranda-Cruz, C. y García-Vargas, F. (1999). Biodiversidad de helmintos, parásitos de peces marinos y estuarinos de la bahía de Chamela, Jalisco. *Listados Faunísticos de México, 9,* 1-51

Pérez-Ponce de Léon, G., García-Prieto, L. y Mendoza-Garfias, B. (2007). Trematode parasites (Platyhelminthes) of wildlife vertebrates in Mexico. *Zootaxa, 1534*, 1-247.

Poulin, R. y Morand, S. (2000). The diversity of parasites. *The Quarterly Review of Biology, 75*(3), 277-293.

Poulin, R. y Morand, S. (2005). *Parasite biodiversity*. Smithsonian Institution.

Pulido-Flores, G., Monks, S., Falcón-Ordaz, J. y Violante-González, J. (2015). Helmintos parásitos de fauna silvestre en las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, México. *Estudios en Biodiversidad*, *11*(52).

Reyes, R. N. E., Vega, S. V., Gómez-de Anda, F. R., García, R. P. B., González, R. L. y Zepeda-Velázquez, A. P. (2020). Species of *Anisakidae nematodes* and *Clinostomum* spp. infecting lisa *Mugil curema* (Mugilidae) intended for human consumption in Mexico. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 29*(1).

Rosas-Valdez, R., Morrone, J. J. y García-Varela, M. (2012). Molecular phylogenetics of *Floridosentis ward,* 1953 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) parasites of mullets (Osteichthyes) from Mexico, using 28S rDNA sequences. *The Journal of Parasitology, 98*(4), 855-862.

Salgado-Cruz, L., Quiñonez-Velázquez, C., García-Domínguez, F. A., Pérez-Quiñonez, C. I. y Aguilar-Camacho, V. (2021). Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía, 56* (1), 50-65.

Salgado-Maldonado, G. y Barquín-Álvarez, N. P. (2019). *Floridosentis elongatus* Ward, 1953 y *Contracaecum* sp. parásitos de *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 49*(1), 71-81.

Santos-Bustos, N. G. (2018). *Comunidades de parásitos de poblaciones de peces del género* Oligoplites, *en costas del Pacífico mexicano* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Guerrero.

Scholz T., Aguirre-Macedo, M. L. y G. Salgado-Maldonado, G. (2001). Trematodes of the family Heterophyidae (Digenea) in Mexico: A review of species and new host and geographical records. *Journal Natural History, 35*(12), 1733-1772. https://doi.org/10.1080/00222930152667087

Scholz, T. (1999). Taxonomic study of *Ascocotyle (Phagicola) longa Ransom,* 1920 (Digenea: Heterophyidae) and related taxa. *Systematic Parasitology, 43*(2), 147-158.

Valles-Vega, I. y Del Prado, M. D. C. G. (2014). Changes in the anatomical organization of *Contracaecum multipapillatum* L3 sensu lato (Nematoda: Anisakidae) larvae sub-

jected to different culinary treatments in La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Comparative Parasitology. 81*(2), 165-174.

Vasconcelos, J., Sánchez, S. y Schultz, L. (1996). La pesquería de lisa. En A. Sánchez-Palafox, D. F. Fuentes-Castellanos y S. García-Real-Peñaloza (Eds.), *Pesquerías relevantes de México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Pesca.

Violante-González, J. y Aguirre-Macedo, M. L. (2007). Metazoan parasites of fishes from Coyuca Lagoon, Guerrero, Mexico. *Zootaxa, 1531*(1), 39.

Violante-González, J., Aguirre-Macedo, M. L. y Mendoza-Franco, E. F. (2007). A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research, 102*, 151-161.

Violante-González, J., Pulido-Flores, G., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., Melo-García, M. A., García-Ibáñez, S., Esparza-Ibarra, E. L., Larumbe-Morán, E. y Carbajal-Violante, J. (2015). Importancia de las aves ictiófagas como hospederos finales de helmintos, en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. *Estudios en Biodiversidad, 9,* 104-120.

Yáñez-Arancibia, A. (1976). Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes en áreas naturales de crianza, México. Alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 3*, 211-213.

Ziarati, M., Zorriehzahra, M. J., Hassantabar, F., Mehrabi, Z., Dhawan, M., Sharun, K., Emran T. B., Dhama K., Chaicumpa W. y Shamsi, S. (2022). Zoonotic diseases of fish and their prevention and control. *Veterinary Quarterly, 42*(1), 95-118.

Sobre los autores

Coordinadores

Santamaría Miranda, Apolinar

Doctora en Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur; Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos en IPN-CICIMAR, La Paz, BCS; estancia académica en la Universidad de Auburn Alabama, EUA (2016-2017); estancia académica en la Universidad de Florida, EUA (2020-2021); Licenciatura en Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero. Profesora-investigadora titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional. Profesora titular de investigación C desde 1999 a la fecha en el Departamento de Acuicultura. Jefa del Departamento de Análisis de Impacto Ambiental, Departamento de Ecología, municipio de Acapulco (1992-1994). Jefa del Departamento de Acuicultura en 2005 y 2012. Miembro del Sistema Nacional de Investigación, nivel I. Miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores. Dirección de 31 proyectos de investigación, 22 internos SIP-IPN, 3 externos, Conacyt, 6 con recursos estatales; 26 artículos científicos JCR, en total 42, 3 capítulos de libro. En la formación de recursos humanos: 13 tesis de licenciaturas (4 *cum laude),* 14 tesis de maestría (4 *cum laude),* una de doctorado. Participación en los programas de posgrado: Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico. Conferencias: 40 presentaciones nacionales orales y 15 presentaciones internacionales. Miembro de la Asociación Ictiológica Mexicana desde 2003 a la fecha. Miembro de la red de Medio Ambiente del Instituto Politécnico Nacional. Miembro fundador de la Asociación Mexicana de Acuicultura. Presidente y fundador de la asociación de asis-

tencia social Esfuerzo Soteño A. C. desde 2020. Miembro de la Asociación Mundial de Acuicultura, desde 2010 a la fecha.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8335-1460
Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507903146
ResearchGate:https://www.researchgate.net/profile/Apolinar-Santamaria

Apún Molina, Juan Pablo

Doctor en Ciencias en Biotecnología por el Instituto Tecnológico de Sonora. Profesor-investigador titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional. Profesor Titular de Investigación C del Departamento de Acuicultura, Licenciatura en Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en CIIDIR-IPN, Guasave Sinaloa, México. Doctor en Ciencias por el Instituto Tecnológico de Sonora Miembro del Sistema Nacional de Investigación Nivel 1. Miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores. Dirección de 4 proyectos de Innovación Tecnológica PEI Conahcyt investigación, 22 internos SIP-IPN, 3 externos, Conacyt, 3 con recursos estatales. Tiene 11 artículos científicos JCR, 2 capítulos de libro. En la Formación de Recursos Humanos: 2 tesis de licenciatura, 10 tesis de maestría (1 *cum laude*), 1 estudiante de Doctorado. Participación en los programas de posgrado: Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente y miembro del Núcleo Básico del Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico. Acuicultura, Reproducción de animales marinos, estancias de Investigación (maestría) desde 2003 a la fecha. Conferencias: 10 presentaciones orales nacionales, 15 presentaciones internacionales. Miembro de la red de Medio Ambiente del Instituto Politécnico Nacional. Miembro fundador de la Asociación Mexicana de Acuicultura. Miembro de la Asociación Mundial de Acuicultura.

ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9006-8882
Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8557066500
ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Pablo-Molina

Violante González, Juan

Doctor en Ciencias Marinas por el Cinvestav Mérida; Maestría en Acuacultura (Universidad de Colima); Licenciado en Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero [UAGRO]). Profesor titular de investigación en la Facultad de Ecología Marina (UAGRO). Perfil Deseable PROMEP, Miembro del Sistema Nacional de In-

vestigadoras e Investigadores, nivel II (SECIHTI). Coordinador del cuerpo académico consolidado, UAGRO 143. Actualmente desarrolla la línea de investigación en ecología de parásitos metazoarios de peces y crustáceos, la cual pretende evaluar la información que puede ser proporcionada por los parásitos, acerca de sus hospederos intermediarios y definitivos, así como de su importancia como posibles bioindicadores de cambios ambientales. Ha publicado más de 20 artículos sobre comunidades de parásitos, en los cuales se destaca la importancia de estos organismos como bioindicadores de cambios antropogénicos, así como de su empleo en la diferenciación de poblaciones de peces marinos. En la formación de recursos humanos: 3 tesis de doctorado, 8 tesis de maestría y más de 15 tesis de licenciatura. Presentaciones en congresos nacionales.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6291-8763

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=zylc2_cAAAAJ&hl=es&oi=ao

Autores

Carbajal Violante, Jonatan

Licenciado en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero [UAGRO]). Cuenta con la especialidad en Buceo Técnico de Cueva por parte de la Agencia SSI. Actualmente estudiante de la Maestría en Recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, UAGRO).

ORCID: https://orcid.org/0009-0001-7725-8128

Google Scholar: https://scholar.google.cl/citations?hl=es&user=SLAPU-3gAAAAJ

Díaz Gallegos, Aldo

Maestro en recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero [UAGRO]); Licenciado en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, UAGRO). Actualmente es Doctorante en el Centro de Ciencias de Desarrollo Regional (UAGRO).

ORCID: https://orcid.org/0009-0007-6853-7663

Espinoza Ortiz, Mauro

Licenciado en Ingeniería Civil por la Universidad Autónoma de Sinaloa (2017), con Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente (2019) y Doctorado en Ciencias en Conservación de Patrimonio Paisajístico (2024), ambos en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional. Investigador posdoctoraL SECIHTI CIIDIR Sinaloa, IPN CVU: 862615. Trayectoria académica y profesional centrada en la hidrogeología, la calidad del agua subterránea, la caracterización de suelos mediante técnicas geofísicas y el desarrollo de modelos de flujo subterráneo.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9970-1736

Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57194554348

Fierro Coronado, Jesús Arturo

Doctor en Ciencias Marinas y Costeras (orientación en Acuacultura) por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Obtuvo la maestría en el en Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (IPN-CIIDIR Sinaloa). Desde el 2006 es profesor-investigador en el IPN-CIIDIR Sinaloa, en el departamento de acuacultura.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9704-6288

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=HIjfZ4YAAAAJ&hl=es

Gallegos Navarro, Yesenia

Doctora en Ciencias Ambientales (Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero [UAGRO]). Especialidad en Parasitología. Obtuvo la Licenciatura en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, UAGRO). Asistente de investigación y coordinadora de laboratorio desde el año 2023 en el Laboratorio de Ecología Acuática (Facultad de Ecología Marina, UAGRO, México). Reconocimiento en el Padrón Estatal de Investigadores (COCITYEG). Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel Candidata (SECIHTI). Actualmente es colaboradora en el desarrollo de la línea de investigación en Ecología de parásitos metazoarios de peces y crustáceos, la cual pretende evaluar la información que puede ser proporcionada por los parásitos, acerca de sus hospederos intermediarios y definitivos, así como de su importancia como posibles bioindicadores de cambios ambientales.

ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9366-6162

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=XQb22noAAAAJ&hl=es&oi=ao

García Marciano, Máximo

Licenciado en Ecología Marina por la Universidad Autónoma de Guerrero (Facultad de Ecología Marina, 2010-2015), con Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional (2016-2018) y Doctorante del Programa Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico en el IPN-CIIDIR, unidad Sinaloa. Área de conocimiento: ecología de ecosistemas costeros, ecología bacteriana, acuacultura, camaronicultura, ecotoxicología marina y costera, educación ambiental y condiciones de salud de peces.

ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6530-5954

Hernández Sandoval, Pedro

Doctor Ciencias Biológico-Agropecuarias (especialidad en Ciencias Pesqueras). Obtuvo la maestría en Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR Sinaloa) del IPN. Desde el 2007 es profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Occidente, unidad regional Los Mochis, en el Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7005-4555

Google Scholar: https://scholar.google.com.mx/citations?user=TzCcDMEAAAAJ&hl=es

Lugo Gamboa, Refugio Riquelmer

Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante de doctorado en Instituto Politécnico Nacional, México.

ORCID: http://orcid.org/0009-0003-9564-4326

Montoya Mejía, Magnolia

Doctora en Biotecnología. Profesora-investigadora del Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Sinaloa desde el año 2019-08-01 a la fecha, adscrita al departamento de Acuacultura, línea de investigación con *Litopenaeus vannamei,* metagenomics, digestibililidad en tilapia. Participa en la Maestría en Recursos Naturales

y Medio Ambiente del CIIDIR Sinaloa. Dirección de 5 estudiantes de Licenciatura y 6 de Maestría. Becaria del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel I. Profesora en la asignatura de Estadística, ha presentado 22 ponencias nacionales y 10 internacionales.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3406-8308

Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56037895800

Palacios Atempa, Flor Ariadna

Maestra en Recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero [UAGRO]). Licenciada en Ecología Marina (UAGRO).

ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7995-4269

Payán Urías, Eileen

Es Licenciada en Biología con especialidad en Producción de Sistemas Acuícolas, egresada del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Durante su residencia profesional trabajó en la bioquímica sanguínea de lisa *(Mugil cephalus).* Actualmente cursa la Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente en el CIIDIR, unidad Sinaloa, donde se encuentra desarrollando un proyecto enfocado al riesgo de la salud humana por el consumo de peces de la presa de Bacurato, Sinaloa, contaminados por plaguicidas organoclorados.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5013-9292

Pulido Flores, Griselda

Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable (El Colegio de la Frontera Sur "Ecosur", México). Obtuvo la Maestría en Ciencias en Biología, (Facultad de Ciencias, UNAM). Licenciada en Biología (Facultad de Ciencias, UNAM). Profesora de investigación de tiempo completo con Perfil Deseable en el Laboratorio de morfología animal. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Investigador Nacional, nivel I (SECIHTI), Senior Fellow en Manter Laboratory of Parasitology, University of Nebraska, Lincoln-Nebraska, Estados Unidos de América. Actualmente desarrolla su línea de investigación en taxonomía y sistemática de los helmintos parásitos de la vida silvestre con énfasis en los monogéneos marinos de los peces.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0454-8466

Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8959836500

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=aZsq6QYAAAAJ&hl=es&oi=ao

Quiterio Rendon, Guadalupe

Doctora en Ciencias en Biodiversidad y Conservación (Centro de Investigaciones Biológicas [CIB], Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [UAEH], Hidalgo), especialidad en Parasitología y la Maestría en Ciencias de la Biodiversidad y Conservación (UAEH-CIB). Desde el 2022 se desempeña como profesional de proyecto del área de Inocuidad (COSAEG).

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2359-7589

Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?user=865TBSQAAAAJ&hl=es

Rodrigo Ruelas, Sarai Guadalupe

Bióloga por la Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Los Mochis Sinaloa, alumna en Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional. Se dedica a la salud y calidad reproductiva en peces de importancia comercial.

ORCID: https://orcid.org/0009-0000-5862-9328

Rodríguez Ibarra, Erick

Doctor y Maestro en Ciencias en Biodiversidad y Conservación (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). Obtuvo la Licenciatura en Biología (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel Candidato (SECIHTI). Actualmente es Posdoctorante en la Facultad de Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero), su línea de investigación es en la taxonomía, sistemática y evolución histórica de parásitos de peces marinos; se contribuye al crecimiento y desarrollo del acervo de la colección de helmintos de México de peces marinos con estudios morfológicos y moleculares; se aplica el conocimiento de algunos parásitos para su uso como etiquetas biológicas y bioindicadores.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2930-8709

Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?user=sWi5zpkAAAAJ&hl=es

Román Vega, Martín Armando

Doctor en Sustentabilidad por la Universidad Autónoma de Occidente, Maestro en Ciencias por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y Licenciado en Biología por la Universidad de Occidente (hoy Universidad Autónoma de Occidente). Realizó una estancia en la Centro Universitario de la Costa de la Universidad Autónoma de Guadalajara y también ha realizado investigaciones sobre poblaciones de peces marinos, con enfoque en salud poblacional. En 2013 estableció los parámetros hematológicos para una población de huachinangos *(L. peru)* en los estados de Guerrero y Oaxaca, con la finalidad de crear valores de referencia para determinar la salud de estos organismos. Recientemente, ha dirigido esfuerzos de investigación enfocados en la búsqueda de microplásticos en tractos digestivos de especies de peces con importancia comercial. Actualmente realiza estudios de posdoctorado orientados al efecto de los microplásticos en la salud de peces y sus posibles efectos sobre la salud humana. De lo anterior, destacan sus publicaciones más recientes: "Effects of plastics and microplastics on marine ecosystems: A global review" (en *Health and Climate Change,* 2025, 10.1016/b978-0-443-29240-8.00004-3) y "Contaminación por microplásticos en peces marinos de importancia comercial del Norte de Sinaloa, México" *(Abanico Agroforestal,* 2023, 10.37114/abaagrof/2024.3).

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0028-3771

Google Scholar: https://scholar.google.cl/citations?user=klXiSdkAAAAJ&hl=es

Correo electrónico: mtnroman@gmail.com

Ruelas Carlón, María José

Bióloga por la Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Los Mochis Sinaloa, alumna en Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente del centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, se dedica a la salud y calidad reproductiva en peces de importancia comercial.

ORCID: https://orcid.org/0009-0004-8965-0735

Suescún Bolívar, Luis Parmenio

Doctor y Maestro en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Biólogo por la Universidad de Pamplona (Colombia). También realizó una estancia postdoctoral en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la

UNAM. Actualmente es profesor-investigador en la Universidad de Cartagena (Colombia) y desarrolla investigaciones en las áreas de Ecología y sociedad, Simbiosis, y Adaptaciones fisiológicas, bioquímicas y moleculares de los organismos a cambios ambientales. Es líder del grupo de investigación Liderazgo para la Transformación Social y Educativa (LETSO), reconocido y clasificado por el Ministerio de Ciencias de Colombia, donde además está categorizado como investigador. Recientemente publicó los artículos científicos: "Ocean's microbial world, key to the health of marine organisms" (2025), "Un futuro sostenible para la diversidad biológica y cultural" (2024) y "Monitoring drift and associated biodiversity of nearshore rafts of holopelagic *Sargassum* spp. in the Mexican Caribbean" (2024).

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0707-403X

Scopus: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55388729200

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?pli=1&authuser=1&user=h9KJSfwAAAAJ

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Luis-Suescun-Bolivar

Correo electrónico: lsuescunb@unicartagena.edu.co

Valenzuela García, Alejandra

Licenciada en Biología con especialidad en Producción de Sistemas Acuícolas, egresada del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Durante su residencia profesional trabajó en la detección de microplásticos en estómagos de lisa *(Mugil cephalus)*. Actualmente cursa la Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente en el CIIDIR, unidad Sinaloa, donde desarrolla un proyecto enfocado en la presencia de plaguicidas organoclorados en peces.

ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9228-9232

Villalba Vasquez, Princessa Jhossabeth

Doctora en Ciencias Ambientales (Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero [UAGRO]). Obtuvo la Maestría en Recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, UAGRO). Licenciada en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, UAGRO). Actualmente Posdoctorante en la Facultad de Ecología Marina de la Universidad Autónoma de Guerrero.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8027-608X

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=Fi9T1kQAAAAJ&hl=es

Condición física de las poblaciones de lisa Mugil *spp. del Pacífico mexicano: Bases para un manejo sostenible de sus pesquerías,* de Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina y Juan Violante González (coordinadores), publicado por Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., se terminó de imprimir en noviembre de 2025, en Litográfica Ingramex, S. A. de C. V., Centeno 162-1, Granjas Esmeralda, 09810, Ciudad de México. El tiraje fue de 200 ejemplares impresos y en versión digital para acceso abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML.

La presente obra tiene como objetivo aportar información de dos especies de la familia Mugilidae conocidas localmente como "lisas": *Mugil cephalus* y *M. curema,* las cuales se caracterizan por soportar amplios rangos de salinidad (*eurihalinos*), lo que les permite habitar en ambientes de agua dulce y estuarinos, donde desempeñan un papel ecológico importante en el reciclado de nutrientes, y adaptarse fácilmente a diferentes niveles de salinidad. Esta gran capacidad fisiológica es clave para su supervivencia y amplia distribución geográfica. En esta obra se describen aspectos de su biología, como su condición morfofisiológica, bioquímica sanguínea y grado de ingestión de microplásticos, así como del efecto de las enfermedades parasitarias sobre la condición física de sus poblaciones. Los resultados obtenidos se presentan para contribuir al establecimiento de bases para su ordenamiento pesquero y el desarrollo de la biotecnología de su cultivo. En este sentido, se ha sugerido que las lisas tienen un gran potencial en la acuicultura, debido a su amplia aceptación en los mercados locales e internacionales por la calidad de su carne y su gran adaptabilidad para crecer en condiciones controladas, todo esto para apoyar a disminuir su presión pesquera dada su alta demanda.

Apolinar Santamaría Miranda es Doctora en Ciencias Marinas y Costeras por la UABCS y profesora-investigadora titular C en el CIIDIR, unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional. Se dedica al cultivo, reproducción, alimentación y salud de peces. Realizó estancias académicas en la Universidad de Auburn, Alabama (2016-2017), y en la Universidad de Florida (2020-2021), ambas en EUA. Es miembro del SNII (nivel 1).

Juan Pablo Apún Molina es Doctor en Ciencias por el Instituto Tecnológico de Sonora y profesor-investigador titular C en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, unidad Sinaloa (CIIDIR-Sinaloa), del IPN. Se dedica al desarrollo tecnológico en acuicultura y fisiología del estrés en organismos acuícolas. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (nivel 1).

Juan Violante González es Doctor en Ciencias Marinas por el Cinvestav-Mérida y profesor titular en la Facultad de Ecología Marina, de la UAGro. Se dedica a la ecología de parásitos metazoarios de peces de importancia comercial. Ha publicado más de 20 artículos sobre comunidades de parásitos, donde destaca su importancia como bioindicadores de cambios antropogénicos y su empleo en la diferenciación de poblaciones de peces. Es miembro del SNII (nivel 2).

RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas
2000922

DOI.ORG/10.52501/CC.292

Educación
Secretaría de Educación Pública

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA PUBLICACIONES ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS
www.comunicacion-cientifica.com

ISBN-13: 978-607-2628-89-2
9 786072 628892