

Condición física de las poblaciones de lisa Mugil spp. del Pacífico mexicano: bases para un manejo sostenible de sus pesquerías

Por Apolinar; Juan Pablo; Juan Santamaría Miranda; Apún Molina; Violante
González (Coords.)

**Condición física de las poblaciones de lisa *Mugil spp.* del
Pacífico mexicano: bases para un manejo sostenible de sus
pesquerías**

Coordinadores

Apolinar Santamaría Miranda

Juan Pablo Apún Molina

Juan Violante González

**Condición física de las poblaciones de lisa *Mugil* spp del
Pacífico mexicano: bases para un manejo sostenible de sus
pesquerías**

Índice

Dedicatorias	6
Agradecimientos	7
Presentación	7
Prólogo, Cesar Marcial Escobedo Bonilla	9
Capítulo 1. Análisis de microplásticos en estómagos de <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) en el norte de Sinaloa, Alejandra Valenzuela García, Apolinar Santamaría Miranda, Máximo García Marciano, Juan Pablo Apún Molina, Eileen Payan Urías, Luis Parmenio Suescún Bolívar, Refugio Riquelme Lugo Gamboa	11
Capítulo 2. Valores hematológicos y bioquímica sanguínea de <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) en el norte de Sinaloa, Eileen Payan Urías, Alejandra Valenzuela García, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Marciano Máximo García ...	27
Capítulo 3. Análisis de la presencia de microplásticos en estómago de la lisa (<i>Mugil cephalus</i>) (Linnaeus, 1758) en playa La Robalera y Bahía del Perro, Ahome, Sinaloa, Saraf Guadalupe Rodrigo Ruelas, Apolinar Santamaría Miranda, Pedro Hernández Sandoval, Juan Pablo Apún Molina, Máximo García Marciano, Luis Parmenio Suescún Bolívar	34
Capítulo 4. Valores bioquímicos sanguíneos de la lisa <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) capturada en el sistema lagunar de Las Grullas margen derecha, Ahome Sinaloa, María José Ruelas Carló, Apolinar Santamaría Miranda, Juan Pablo Apún Molina, Máximo García Marciano, Jesús Arturo Fierro Coronado	45

Capítulo 5. Condición morfofisiológica de la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) capturada

el sistema lagunar Las Grullas Ahome Sinaloa, México, *Máximo García Marciano,*

Juan Pablo Apún Molina, Apolinar Santamaría Miranda, María José Ruelas Carlón ...55

Capítulo 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, Guadalupe Quiterio Rendón63

Capítulo 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, Guadalupe Quiterio Rendón84

Capítulo 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, Guadalupe Quiterio Rendón 112

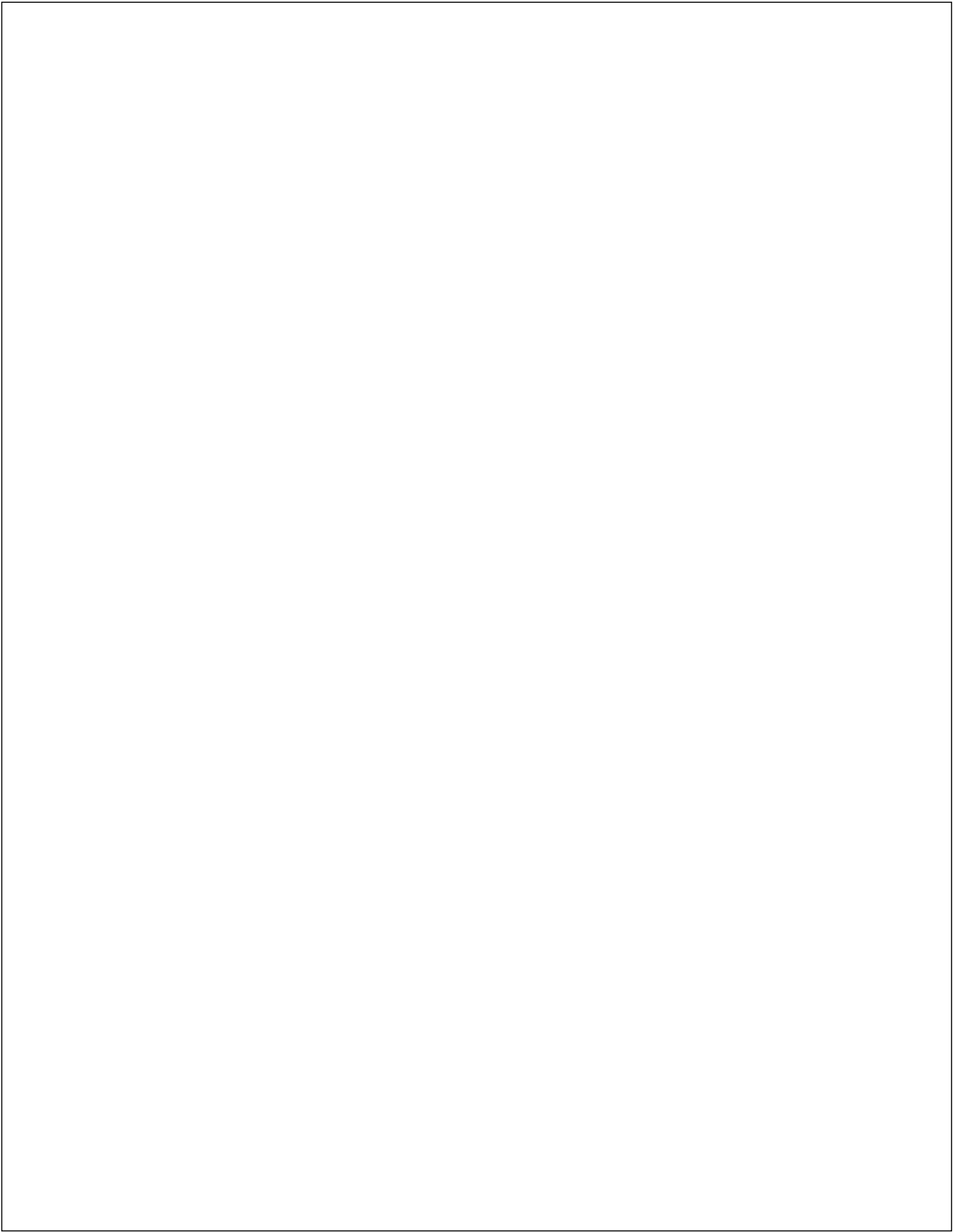
Capítulo 9. Parásitos metazoarios de *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Osteichthyes:

Mugilidae) de las costas mexicanas, *Erick Rodríguez Ibarra, Yesenia Gallegos Navarro,*

Princessa Jhossabeth Villalba Vasquez, Juan Violante González, Griselda Pulido Flores

..... 133

Sobre los autores..... 173



Dedicatorias

Juan Pablo Apún-Molina y Apolinar Santamaría-Miranda

A nuestros hijos, Juan Pablo, Dante Rafael, Diego Oliver y David Marco.

A ustedes lo más valioso que tenemos en esta vida.

Juan Violante González

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.

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 EDI (Estímulos al Desempeño de los Investigadores) y a la COFAA (Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN, por las becas otorgadas a los autores Apun-Molina JP y Santamaría-Miranda A.

Al SECIHTI (Secretaría de Ciencia Humanidades Tecnología e Innovación) por las becas del SNI (Sistema Nacional de Investigadores) 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-IPN20240178.

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 *M. 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 los 0 a los 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, constituyen una parte importante de las pesquerías artesanales locales. De acuerdo con sus volúmenes de captura en México, las lisas se ubican en el lugar 19 en su producción pesquera y en lugar 25 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 fueron de 22,352 ton, mientras que en el 2023 fue de 12,105 ton. En este sentido, se ha sugerido a las lisas con 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 del presente documento es aportar información sobre varios 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, en ambientes estuarinos. Los resultados obtenidos de los diferentes capítulos que se presentan, pueden contribuir al establecimiento de las bases para su ordenamiento pesquero; así como el 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 ser por escurrimientos de aguas industriales, agrícolas y urbanas, la presencia de sustancias químicas, metales pesados y exceso de nutrientes, y más recientemente, por la presencia de microplásticos en ambientes acuáticos dulceacuícolas y marinos. La contaminación por microplásticos se ha encontrado no solamente en los ambientes acuáticos dulceacuícolas y marinos, sino también en el ambiente aéreo y en suelos de todo el mundo. Los microplásticos pueden ser ingeridos o estar adheridos a organismos acuáticos como los peces y pueden causar daños a los órganos de estos organismos, alterando muchas de sus funciones, incluyendo la alimentación y la reproducción. Estos efectos pueden dañar la salud de comunidades de plantas y animales, incluyendo 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 gran importancia económica y ecológica debido a su papel en las pesquerías y ecosistemas. Estas especies son un eslabón en las redes tróficas de ecosistemas acuáticos ya que controlan los brotes de plantas acuáticas y algas, contribuyendo 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 por su 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 los cuales los autores exploran un aspecto de la salud de peces y el efecto que los microplásticos tienen sobre estos en las especies de lisa. Estas evaluaciones incluyen

variaciones en los valores hematológicos y bioquímicos en sangre, así como alteraciones en el trato digestivo, y el efecto de microplásticos en la susceptibilidad de estas especies a diferentes endoparásitos, las implicaciones en la salud y bienestar de los animales.

Los editores y autores del presente libro usan su amplia experiencia en temas de cultivo, fisiología, reproducción, hábitos alimenticios y sanidad de peces. Los participantes del libro 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 hace urgente tomar medidas ecológicas y sanitarias para implementar mecanismos eficaces de manejo de residuos, reducción de plásticos, impulso a las investigaciones sobre el efecto de microplásticos en los ecosistemas y del posible impacto que estos contaminantes pueden tener a largo plazo sobre la salud humana.

Dr. Cesar Marcial Escobedo Bonilla
Investigador en Virología y Patología de camarón
y otros organismos acuáticos cultivados
IPN-CIIDIR Sinaloa

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

Alejandra Valenzuela García¹

Apolinar Santamaría Miranda²

Máximo García Marciano³

Juan Pablo Apún Molina⁴

Eileen Payan Urías⁵

Luis Parmenio Suescún Bolívar⁶

Refugio Riquelme Lugo Gamboa⁷

Resumen

Los microplásticos alcanzan tamaños entre 5 mm y 100 μ m, los cuales se degradan hasta nano plásticos que son menores a 100 nm. Estos microplásticos representan una amenaza para los peces dado que bloquean el paso de los alimentos, reducen 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- 3.9 mm. No se presentaron diferencias significativas entre organismos inmaduros, machos y hembras, ni en el análisis por tallas. En el

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 CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460> ; ID'Scopus: [6507903146](https://orcid.org/6507903146)

³ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Doctorante del programa 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 CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882> ; ID'Scopus: [8557066500](https://orcid.org/8557066500)

⁵ Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5013-9292>

⁶ Doctor en Ciencias del Mar y Limnología. Docente-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 Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-9564-4326>

análisis morfofisiológico se presentó diferencias significativas en el Índice de repleción gástrica en organismos de la bahía el perro Ahome Sinaloa.

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

Introducción

⁷ 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 (⁷Urbanek 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. ⁷Estos 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 (Teuten et al., 2009; Galloway & Lewis, 2017; Galloway et al., 2017; Cole et al., 2019).

¹⁹ 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 anomalías reproductivas y cáncer. Todo ello puede escalar hacia la población, con lo que ocurriría una afectación en la biodiversidad en general (Sánchez, 2021).

²¹ La evidencia de alteraciones producidas en los animales expuestos a microplásticos está documentada. 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).

McGoran et al en 2017 mencionan que la cantidad de microplásticos encontrados en el tracto digestivo de peces de ambientes acuáticos es elevada; 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 (Romeo et al., 2015; Battaglia et al., 2016; Bucol et al., 2020; 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, constando del 2.6% de la producción total de peces marinos. Debido a sus hábitos alimenticios bentónicos, presenta una alta ingestión de microplásticos. Además de que se considera de gran importancia para el monitoreo de la salud de los ecosistemas costeros. También, al ser consumida por aves y peces carnívoros 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 zooplankton, 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, del cual también ingieren para poder moler el alimento. *Mugil cephalus* (Figura 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, permaneciendo en aguas estuarinas y marinas costeras hasta los tres años de vida (Oliver, 1943).

Por otro lado, las larvas de *M. cephalus* se alimentan principalmente de pequeños crustáceos, sin embargo, 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 la talla (FAO, 2009).

Figura 1. Lisa (*Mugil cephalus*, L.1758)



Fuente: imagen propia de los autores.

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 (Ibáñez Aguirre et al., 1999; Gómez-Ortiz et al., 2006).

M. cephalus es cosmopolita en las aguas costeras de la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales. En el Océano Atlántico occidental, se encuentra desde Nueva Escocia, 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

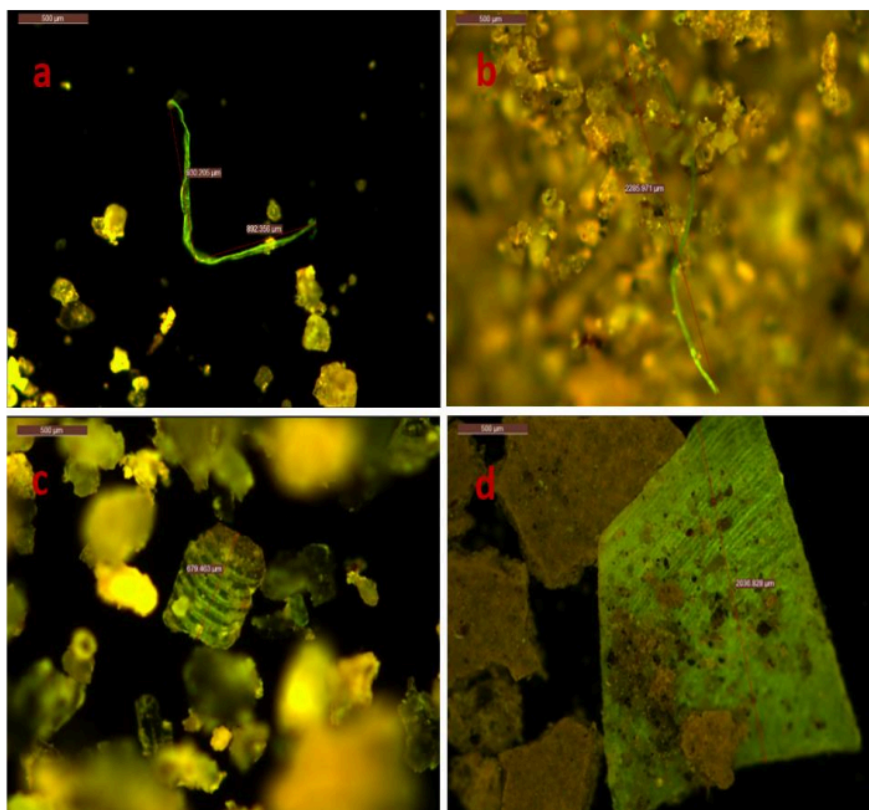
Se encontró un total de 1488 partículas de microplásticos (MP) presentes en el contenido estomacal de 47 organismos, con un promedio de 31 partículas por organismo, siendo la mayoría fibras de cuerdas de nylon (Figura 2), estos resultados son similares a los de Hastuti *et al.*, (2019) quienes encontraron un total de 2063 partículas de MP en 174 peces de importancia comercial 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, siendo el polipropileno el polímero más encontrado (42%) y en segundo lugar 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.

Microplásticos en relación con los sexos y tallas

La longitud (μm) (Figura 3) y número de MP (Figura 4) en relación con el sexo del organismo fue mayor en los indefinidos, donde la mayor partícula de MP que se encontró fue de $3955.68 \mu\text{m}$, mientras que la longitud menor fue de $115.99 \mu\text{m}$, el cual se encontró 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.

Figura 2. *Microplásticos en el contenido estomacal de los organismos 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.

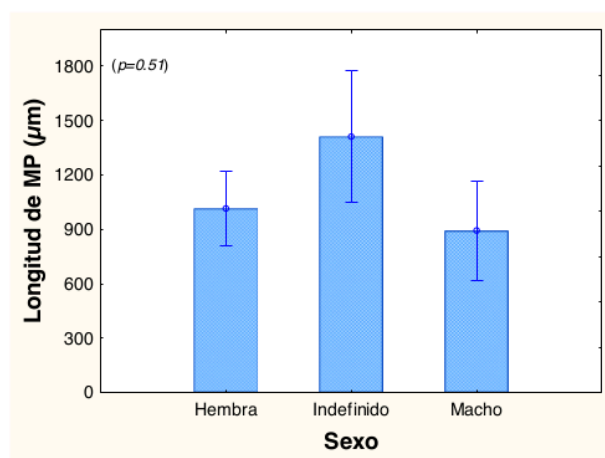
Según Hastuti *et al.* (2019) el rango de tamaño de los MP fue de <20 a 3000 µm, mientras que en este trabajo el de mayor tamaño llegó casi a los 4000 µm. De igual manera, establecieron que no existió correlación entre el sexo del individuo y la cantidad de microplásticos ingeridos y el peso corporal 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 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, siendo similar a lo reportado por Nunes, *et al.* (2021) en el que 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) con relación a 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 $1800 \mu\text{m}$ (Figura 5). En cuanto a la cantidad de MP, se puede observar que de igual manera se encontró que en la talla 3 (>200) fue donde se encontró la mayor cantidad de MP (Figura 6).

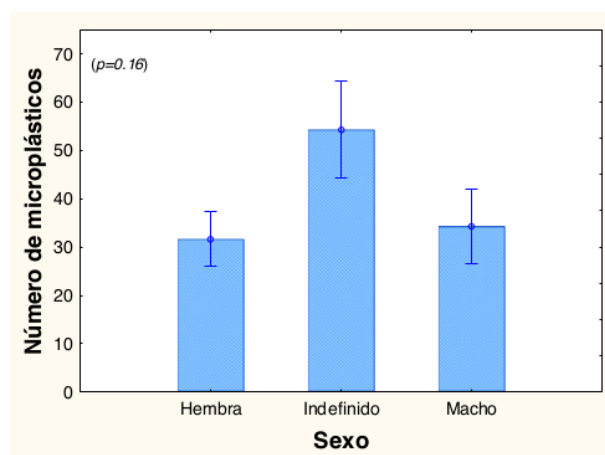
Con esto podemos confirmar que no existe relación entre la talla del organismo y la cantidad de MP ingeridos.

Gráfica 1. *Tamaño de microplásticos (μm) en relación con el sexo del organismo*



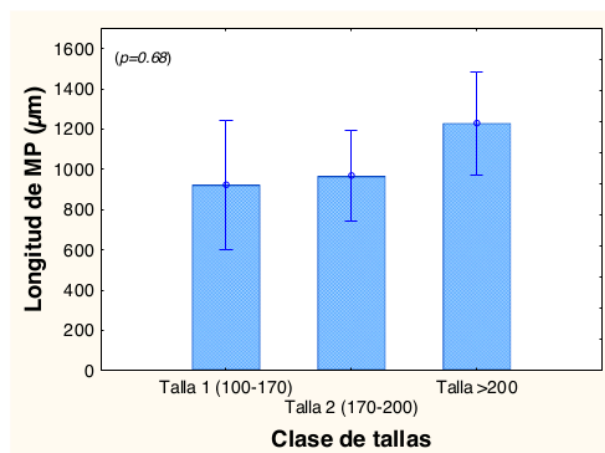
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2. *Cantidad de microplásticos encontrados en estómagos de *Mugil cephalus* en relación con los sexos*



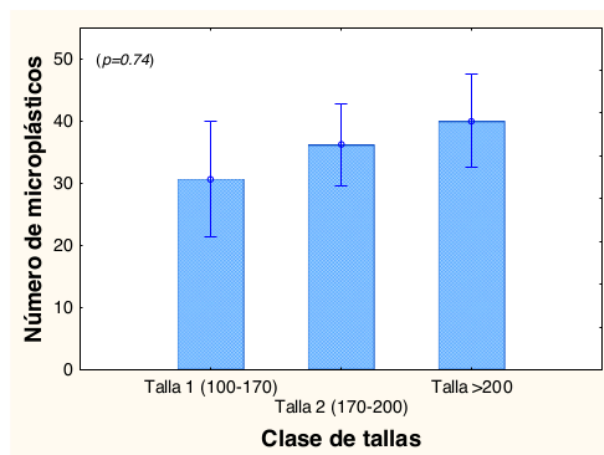
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3. Longitud de los MP (μm) en relación con el peso de los organismos (g)



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 4. Cantidad de MP en relación con el peso de los organismos (g)

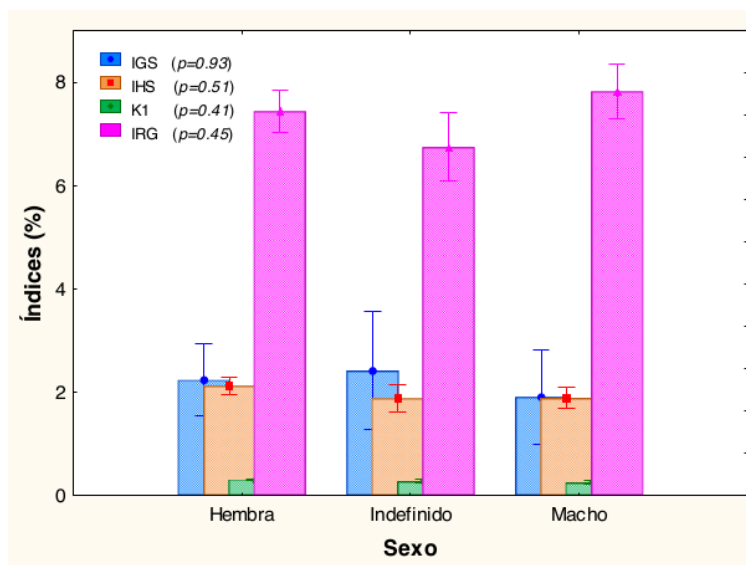


Fuente: elaboración propia.

Índices morfofisiológicos

En la siguiente gráfica 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, esto pudiendo indicar que las gónadas de las hembras estaban en etapa de madurez (gráfica 5).

Gráfica 5. Índices morfofisiológicos (IGS, IHS, KI, IRG) en comparación con los sexos

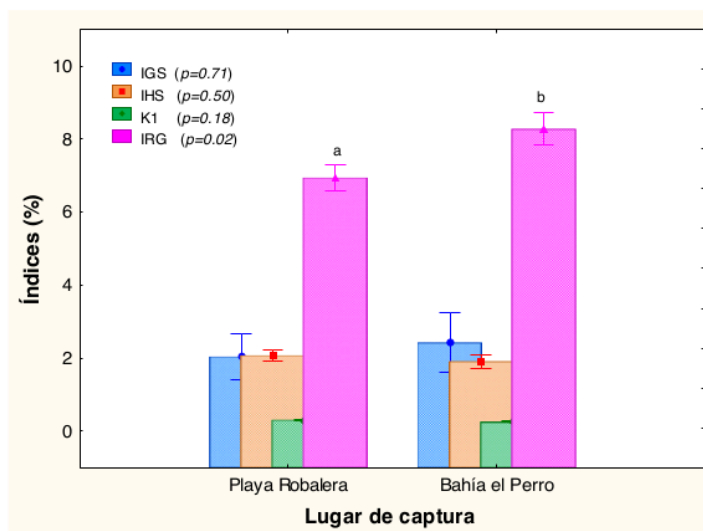


Fuente: elaboración propia.

14 *Relación de índices morfofisiológicos sitios de muestreo*

Se puede observar 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 estómagos en comparación con los organismos de la playa La Robalera. Con relación a los índices hepatosomático, gonadosomático y factor de condición no se presentaron diferencias significativas (gráfica 6).

Gráfica 6. Relación de índices morfofisiológicos (IGS, IHS, K1, IRG) con los sitios de muestreo (playa La Robalera y bahía El perro)



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, dando un promedio total de 2.2, afectando por lo tanto el resultado; sin embargo, el valor más alto concuerda con Ibáñez & 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 & 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*, establecieron 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 si 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 & 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. Registrando 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 KI

El valor mayor que se presentó fue de 1.91 mientras que el menor fue de 0.76, con un promedio de 1.0.; lo cual coincide con lo establecido por Reyes-Montiel (2011) en el que 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 estándar error 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-Quíñonez, C. R., & 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. doi:10.3856/vol48-issue1-fulltext-2326

- Battaglia P, Pedà C, Musolino S, Esposito V, Andaloro F, 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). *Ital J Zool* 83: 121-129. doi: 10.1080/11250003.2015.1114157
- Ben Ameur, W., de Lapuente, J., El Megdiche, Y., Barhoumi, B., Trabelsi, S., Camps, L., Borrás, M. (2012). Oxidative stress, genotoxicity and histopathology biomarker responses in mullet (*Mugil cephalus*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) liver from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Mar Pollut Bull*, 64(2), 241-251. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.11.026
- Bucol LA, Romano EF, Cabcan SM, Siplona LMD, Madrid GC, Bucol AA, Polidoro B. 2020. Microplastics in marine sediments and rabbitfish (*Siganus fuscescens*) from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Mar Pollut Bull* 150: 110685. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110685
- Cheung, L. T. O., Lui, C. Y., & Fok, L. (2018). Microplastic Contamination of Wild and Captive Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*). *Int J Environ Res Public Health*, 15(4). doi:10.3390/ijerph15040597.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar Pollut Bull* 62, 2588–2597.
- Cole, M.; Coppock, R.; Lindeque, P.K.; Altin, D.; Reed, S.; Pond, D.W.; Sørensen, L.; Galloway, T.S. & Booth, A.M. (2019). Effects of nylon microplastic on feeding, lipid accumulation, and moulting in a cold water copepod. *Environmental Science & Technology*, 53(12): 7075-7082. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01853>
- Davison P, Asch RG. (2011). Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Mar Ecol Prog Ser* 432: 173-180. doi: 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., & 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., & Motta, P. J. (1992). Ontogenetic dietary shifts and morphological correlates in striped mullet, *Mugil cephalus*. *Environmental Biology of Fishes*, 34, 139-158.

- FAO. 2009. *Mugil cephalus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Saleh, M.A. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New.
- Galloway, T. & Lewis, C. (2017). Marine microplastics. *Current Biology*, 27(11): R445-R446.
- Galloway, T.S.; Cole, M. & Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature ecology & evolution*, 1(5), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>
- 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*. Instituto Nacional de la Pesca/ SAGARPA. México, pp: 477-502.
- Hastuti, A. R., Lumbanbatu, D. T., & 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). doi:10.13057/biodiv/d200513.
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2), e20038. doi:10.15381/rivep.v32i2.20038.
- Ibáñez, A. L., & 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. doi:10.5343/bms.2014.1004.
- Ibáñez-Aguirre, A.L., M. Gallardo-Cabello y X. Chiappa-Carrara. 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, R. R., & K Ramesh, B. (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*, 483-488.
- McGoran AR, Clark PF, 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. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.078

- Nadal, M. A., Alomar, C., & Deudero, S. (2016). High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogie *Boops boops* (L.) around the Balearic Islands. *Environ Pollut*, 214, 517-523. doi:10.1016/j.envpol.2016.04.054.
- Nunes, L. S., Silva, A. G., Espinola, L. A., Blettler, M. C. M., & Simoes, N. R. (2021). Intake of microplastics by commercial fish: A Bayesian approach. *Environ Monit Assess*, 193(7), 402. doi: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, 24 figs.
- Reyes-Montiel, N. J. (2011). Concentración de plaguicidas organoclorados y condición fisiológica de *Mugil cephalus* en el Coloradito, Guasave, Sinaloa. (Maestría), Instituto Politécnico Nacional.
- Romeo T, Pietro B, Peda C, Consoli P, Andaloro F, Fossi MC. 2015. First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Mar Pollut Bull* 95: 358-361. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.04.048
- Sánchez, A. (2021). 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.; Ogata, Y.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Mizukawa, K.; Hagino, Y.; Imamura, A. & 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. & Mironczuk, A.M. (2018). Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats. *Appl Microbiol Biotechnol* 102, 7669–7678. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9195-y>
- Wang YL, Lee YH, Chiu IJ, Lin YF, Chiu HW. (2020). Potential impact of plastic nanomaterials and micromaterials on the food chain and human health. *Int J Mol Sci* 21: 17-27. doi: 10.3390/ijms21051727

- Wang, F.; Shih, K.M. & 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>
- Wright, S., Thompson, R., & Galloway, T. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- Zhang, C., Wang, S., Sun, D., Pan, Z., Zhou, A., Xie, S., Zou, J. (2020). Microplastic pollution in surface water from east coastal areas of Guangdong, South China and preliminary study on microplastics biomonitoring using two marine fish. *Chemosphere*, 256, 127202. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127202

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

Eileen Payan Urías¹

Alejandra Valenzuela García²

Apolinar Santamaría Miranda³

Juan Pablo Apún Molina⁴

Máximo García Marciano⁵

Resumen

Los parámetros hematológicos son utilizados en la determinación el estado de fisiológico y nutricional, estado de salud y el equilibrio metabólico en los peces, tanto de vida silvestre como de cultivos intensivos acuícolas, adquieren importancia en la valoración de las condiciones ambientales y el diagnóstico de enfermedades. Las variaciones de los parámetros bioquímico hematológicos presentadas como los niveles de glucosa, colesterol, triglicéridos y proteínas. En este estudio se presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) de proteínas y triglicéridos con relación a la estación del año, se observan valores altos en primavera, donde se presentan organismos de mayor peso coincidiendo con la época reproductiva de *M. cephalus*, dichos parámetros se sugieren sean utilizados como indicadores y valores de referencia de su estado de salud poblacional de la lisa, para el manejo sostenible de su pesquería.

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

¹ Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5013-9292>

² Licenciada en Biología. Estudios de maestría en Instituto Tecnológico de Los Mochis, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9228-9232>

³ Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en CIIDIR Unidad Sinaloa, 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 CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

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

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 tan 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 es 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). Situación que 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 Fontaubert *et al.*, 1996). Las variaciones de los parámetros hematológicos como hematocrito, leucocitos, contenido total de trombocitos y eritrocitos (Valenzuela *et al.*, 2003) pueden ser utilizados 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* esto 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.

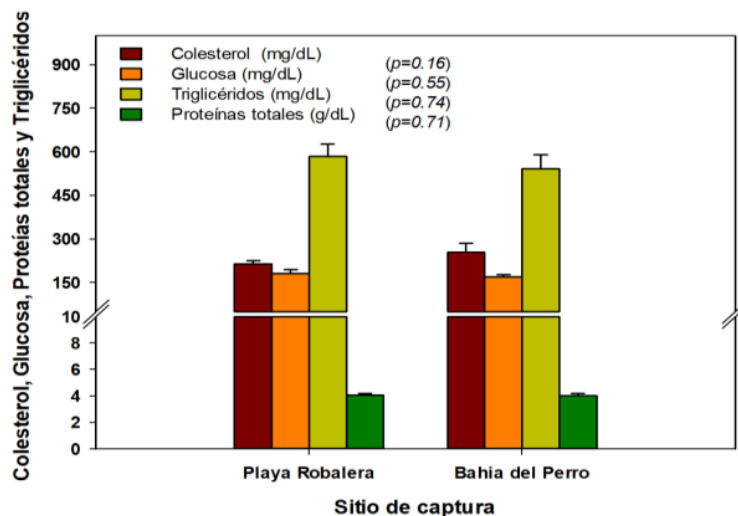
Se realizaron dos muestreos en (primavera y verano) en dos sitios pertenecientes al área costera del municipio de Ahome Sinaloa, México en Las Grullas Margen Derecha, (Playa La Robalera y Bahía El Perro), a los organismos capturados se les extrajo una muestra sanguínea. Posteriormente, los peces fueron 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% de hembras, 36% indefinidos y 17.2% machos. Con respecto a las tallas, el valor máximo fue de 35.8 cm y 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 1).

Gráfica 1. ANOVA de los análisis bioquímicos por sitio muestreado

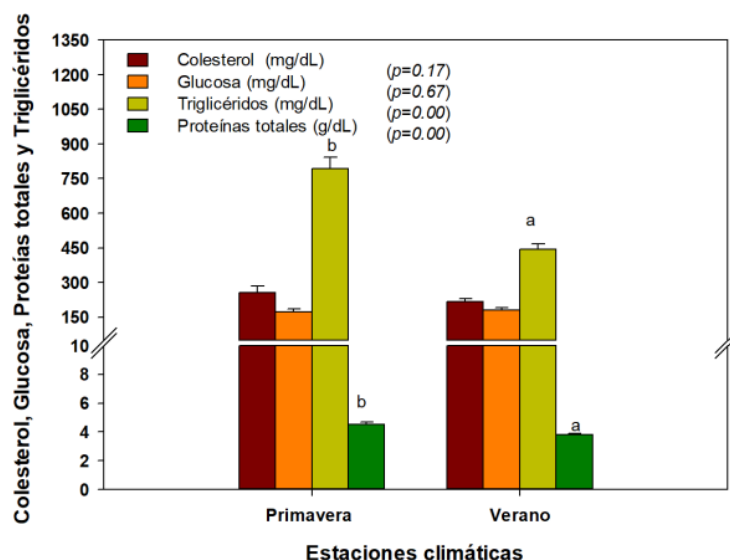


Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de varianza de los parámetros bioquímicos por estación de muestreo si se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en las concentraciones de proteínas

totales y los triglicéridos (gráfica 2). Estudios indican la presencia de estacionalidad en los parámetros hematológicos y de bioquímica sanguínea en peces (De Pedro et al., 2004).

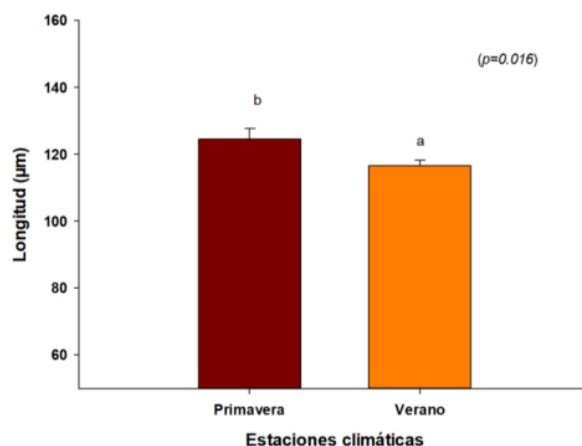
Gráfica 2. ANOVA de los análisis bioquímicos por temporada muestreada



Fuente: elaboración propia.

El análisis de varianza para las longitudes de los eritrocitos de *M. cephalus* con respecto a las dos estaciones muestreadas (gráfica 3), mostró 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 los que se someten los peces también pueden generar diferencias hematológicas (Burton y Murray, 1979; Ranzani-Paiva y Godinho, 1986).

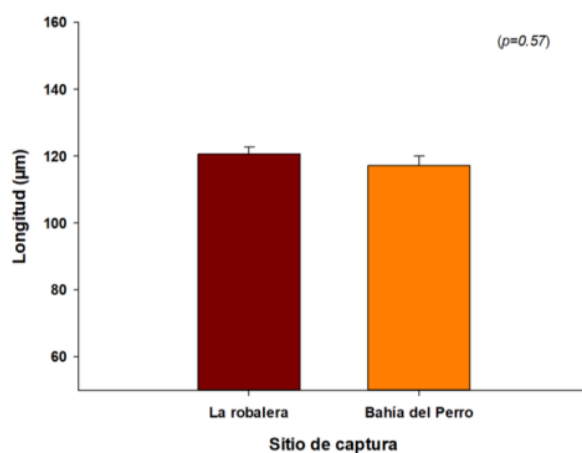
Figura 3. ANOVA de las longitudes de los eritrocitos por temporada



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de varianza de las longitudes de los eritrocitos de los organismos por sitio de muestreo (gráfica 4) se obtuvo un valor de $(p=0.571)$ donde no se encontraron diferencias significativas.

Gráfica 4. ANOVA de las longitudes eritrocitarias encontradas para ambos sitios muestreados



Fuente: elaboración propia.

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, 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 (Guijarro et al., 2003; Bezerra *et al.*, 2014).

Referencias

- Alaye-Rahy N, 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., 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. Vol. 63, No. 244, 587-598 ref. 40.
- Burton, C.B. & S.A Murray. (1979). Effects of density on goldfish blood - I. Hematology. Comp. Biochem. Physiol. 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 Environmental Policy and Law Paper No. 32. A marine conservation and development report. 84 pp.
- 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 CIVA 2004:173-190.
- Fazio, F., Satheeshkumar, P., Senthil, D., C, Faggio., 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, Fisheries Environment Management Division, Kochi – 682 018, India.

- 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, JEG e Idoge, E. (2005). Características hematológicas de los africanos Serpiente *Parachanna obscura*. *Afr. J. Biotechnol.*, 4: 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., & 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. & H.M. Godinho. (1986). Hematological characteristics of curimatá, *Prochilodus scrofa* Sleindachner, 1881 (Osteichthyes, Characiformes, Prochilodontidae) stocked in experimental conditions. *BoI. Inst. Pesca* 13 (2): 115-220.
- Ruiz, V.H. & M. Marchant. (2004). Ictiofauna de aguas continentales chilenas. Universidad de Concepción, Chile. Proyecto de Docencia N° 98-071, 356 p.
- Sáez, G., Chero, J., Cruces, C., Minaya, D., Rodriguez, C., Suyo, B., Romero, S., Guabloche, A., Tuesta, E., y Alvariano, 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.
- Stoskopf, M. (1990). Fish medicine. W.B. Saunders. Filadelfia 315 p.
- Valenzuela A. Oyarzún C. y Silva V. (2003). Células sanguíneas de *Schroederichthys chilensis* (Guichenot 1848) (Elasmobranchii, Scyliorhinidae): serie blanca. *Gayana*, 67(1): 130 – 137 pp.
- Whitefield AK, Panfili J, Durand JD (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. *Rev Fish Bio Fish* 22: 641-681.

Capítulo 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 Ruelas¹

Apolinar Santamaría Miranda*²

Pedro Hernández Sandoval³

Juan Pablo Apún Molina⁴

Máximo García Marciano⁵

Luis Parmenio Suescún Bolívar⁶

Resumen

Se ha calculado que a nivel global el 80% de la basura en el mar consiste de plástico, dado que no son reciclados y son vertidos al medio marino al ser expuestos a oleaje, salinidad, pH, luz ultravioleta, etc., son fragmentados a partículas más pequeñas, como los microplásticos alcanzan tamaños entre 5 mm y 100 μ m, los cuales se pueden seguir degradando hasta nano plásticos que son menores a 100 nm. Estos micro y nanoplásticos representan una amenaza para los animales dado que presentan una ingesta incidental donde afectan su crecimiento y reproducción principalmente. En el presente estudio se encontró un mayor número de plásticos encontrados en

¹ Licenciada en Biología. Estudiante de maestría en Universidad de Occidente, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5862-9328> ; correo electrónico: sarairodrigo2000@gmail.com

² Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460> ; asantama@ipn.mx

³ Doctor en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Docente en Universidad de Occidente, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7005-4555>

⁴ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁵ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Doctorante del programa 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. Docente-investigador de medio tiempo en la Universidad de Cartagena, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0707-403X>

los estomos de Lisas fue en la playa la Robalera, en la estación de otoño con una media de 2625.33µm, y un número de 6.0 microplásticos por estómagos, donde los organismos de 23.1 28.0 cm. consumieron el mayor número de ellos. Con relación en el tamaño por sexos fueron mayores en organismos machos en tamaño y en número de microplásticos.

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 en la generación de 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). Pasan 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 les encuentra desde la orilla hasta 120m de profundidad (Castro-Aguirre, 1978; López, 1982). La alimentación de las lisas está basada en detrito orgánicos, algas filamentosas, 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-Sandoval, 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, con

base en lo anterior 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, siendo los ríos, los drenes de desechos urbanos, agrícolas y acuícolas, y los cuales 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 del aporte que generan en forma de desechos derivados 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, comienza a degradarse los trozos de plástico flotante en fracciones de menor tamaño, llegando a escalas micro, los cuales 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, limitando la ingesta de alimento y disminuyendo así 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 residentes del mismo. 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 de forma sustentable 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 Ahome, Sinaloa. Los sitios de muestreos son muy concurridos por bañista, además de que son zonas de pesca, situados al Norte de Sinaloa, la Robalera forma parte de una bahía llamada Bahía del perro.

Se realizaron dos muestreos estacionales iniciando en el mes de diciembre (otoño) del año 2022, culminando en febrero (invierno) 2023, en los dos puntos de muestreos: punto A (La Robalera) y punto B (bahía del Perro). Fueron capturados 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 y $\frac{1}{4}$. Una vez que los organismos fueron capturados, se etiquetaron del 1 al 40 y estos fueron colocados 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 Instituto 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. ¹³ 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 estómago se lavó con agua destilada, para desintegrar la materia orgánica se le agregó 30 mL de peróxido de hidrógeno al 50%.

⁷ Después de la digestión, los restos fueron filtrados con una bomba de vacío a través de filtros Whatman #1 0.7 μ M con un diámetro de 47mm, una vez filtrados cada muestra fue colocada

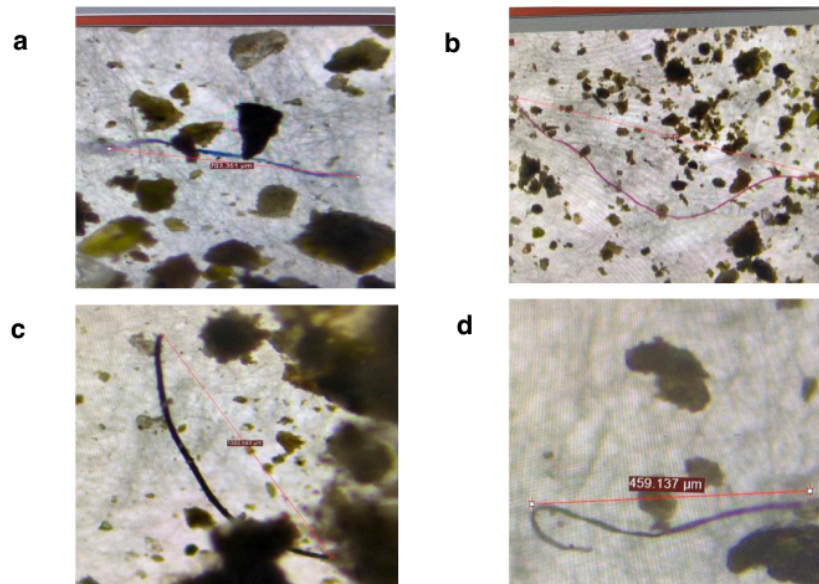
en cajas Petri y secadas en un horno (Yamato modelo IC403CWr) a una temperatura de 50°C por 24 horas.

Una vez que los filtros se encontraron secos, los microplásticos fueron localizados 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 1000 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 (Fig. 1).

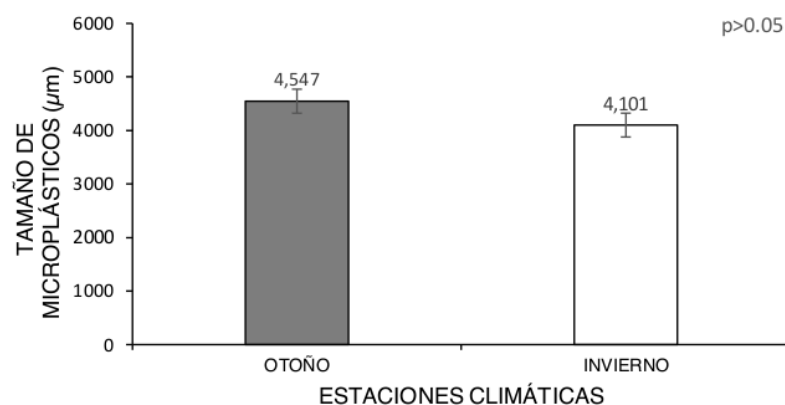
Figura 1. Microplásticos en el contenido estomacal de los organismos analizados en las dos estaciones climáticas (otoño e invierno), se clasificaron por colores (a: azul, b: rojo, c: negro y d: lila)



Fuente: imagen propia de los autores, tomadas con el microscopio Leica DM4000.

Al analizar el tamaño de los microplásticos encontrados entre las estaciones climáticas de muestreo se encontró diferencia considerable entre ellas, se puede observar que el tamaño promedio fue mayor en Otoño (Fig. 2). Por otro lado, en la figura 3, 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-Zambrano y Mendoza-Giler (2020), reportaron que para los peces *Selene peruviana* predomina el tamaño de microplásticos de 100-200 μm en un 46%, en *Diplectrum conceptione* de 1000-2000 μm en un 38% y en *Thunnus alalunga* mayores a 2000 μm en un 34%. Por su parte Chota 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 4390 μm . Al analizar los estómagos de los especímenes se pudo observar e identificar distintos tipos de microplásticos, y fueron clasificados por colores (a: azul, b: rojo, c: negro y d: lila).

Figura 2. Tamaño de microplásticos (μm) encontrados en estómagos de *Mugil cephalus* en relación con dos estaciones climática (otoño e invierno). Se muestran valores promedio

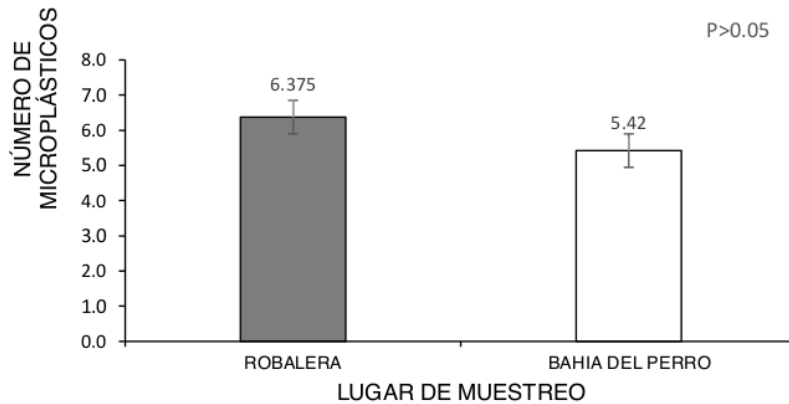


Fuente: elaboración propia.

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 *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.

Figura 3. Número de microplásticos presente en el contenido estomacal en relación con el lugar de muestreo, se muestra los valores promedio

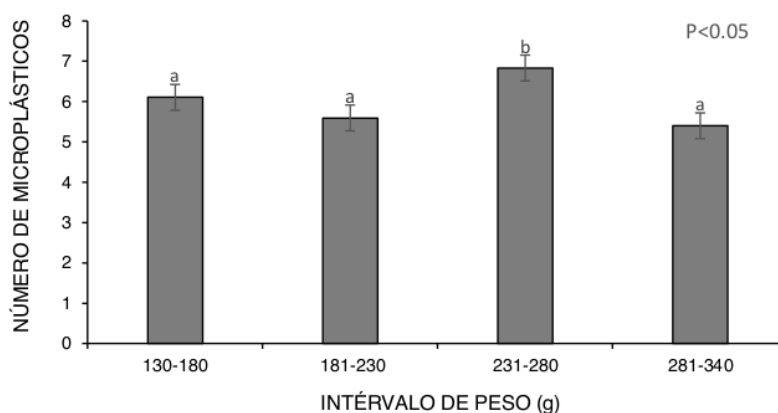


Fuente: elaboración propia.

Al analizar el número de MP con relación al peso de los organismos se encontró que 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 (Fig. 4). La presencia de microplásticos en el contenido estomacal en relación con el peso del organismo fue mayor en organismos con peso de 231-280 gr; sin embargo, se observaron diferencias significativas en el factor de condición con relación al 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 el factor de condición disminuye. Iannacone (2021) no reportó diferencias significativas en la mayoría de las especies de peces marinos, con relación al peso y la longitud total de los peces con la cantidad de microplásticos en el tracto digestivo. Sin embargo, Mazariegos-Ortiz *et al.*, (2021) en *Gobionellus microdon* encontraron 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 no hay evidencia hasta el momento 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 con relación al peso y la longitud total.

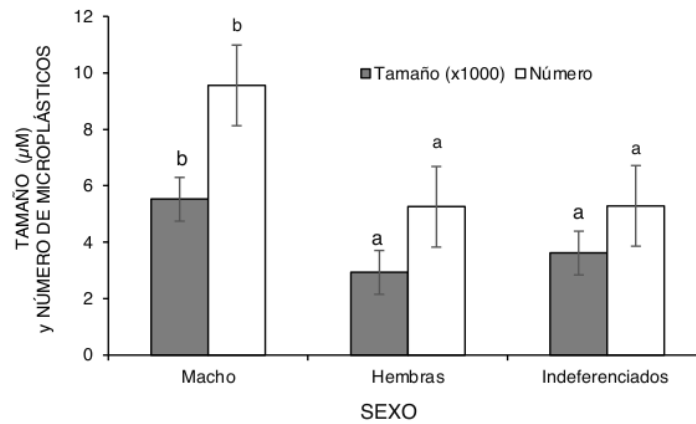
Figura 4. Se muestra el valor promedio del número de microplásticos en el contenido estomacal en relación con el peso del organismo



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se puede observar una relación entre el sexo de los organismos con 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 ($p<0.05$) en relación con el 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 significativas entre hembras y machos en relación en las medidas biométricas con el número de partículas de microplásticos.

Figura 5. *Tamaño de microplásticos (μm) y número de microplásticos en relación con el sexo del organismo*



Fuente: elaboración propia.

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. Instituto Nacional de Pesca. México. Serie científica 19:1-290.
- CONAPESCA. (2018). Mayor vigilancia de CONAPESCA en las zonas pesqueras de SINALOA. <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](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- 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. México. 28p.
- Godoy-Balcarcel, B., Ponciano-Nuñez, M., Alpuche-Palma, A., Vera-Quñones, 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. 8p.
- FAO (2006). Cultured Aquatic Species Information Programme *Mugil cephalus*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Texto de Saleh, M.A. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 7 abril 2006.
- 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>
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., y Alvarino, 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., M. Gallardo-Cabello y Chiappa-Carrara. (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 CJ. (1982). Descripción de la unidad de pesquerías de la lisa *Mugil cephalus* Linnaneus, 1758 y de la lebrancha *Mugil curema* Valenciennes, 1836 del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM México. 25p.
- 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 (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
<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>
- Mugil cephalus* Linnæus, 1758 in Global Names Architecture. Global Names Usage Bank. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/pwn0bl> accessed via GBIF.org on 2024-07-12.
- Opitz, T. (2017). Evaluación de los efectos de la contaminación con microplástico, en el balance energético del recurso pesquero. Recuperado el 10 junio de 2019 de <https://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Opitz%20Tania.pdf>
- Santiago ZA. (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. enep-Iztacala, unam. 75p.
- Sarria, R. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, pp.21-27. Recuperado el 27 de 03 de 2019 de <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>.
- SADER (2017). Pesca, A. D. N. C. Y. (2017, 23 noviembre). ¿Cuál es la importancia de la sustentabilidad pesquera? gob.mx. Secretaria de acuacultura y desarrollo rural. Recuperado 28 de marzo de 2023, de <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cual-es-la-importancia-de-la-sustentabilidad-pesquera>
- UNEP. (2005). Making Tourism Sustainable: a guide for policy makers. United Nations Environment Programme (UNEP), Paris.
- Williams, R., Ashe, E., O'Hara, P.D. (2011). Marine mammals and debris in coastal waters of British Columbia, Canada. *Mar. Pollut. Bull.* 62 (6), 1303–1316.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.029>.

Capítulo 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 Carlón¹

Apolinar Santamaría Miranda*²

Juan Pablo Apún Molina³

Máximo García Marciano⁴

Magnolia Montoya Mejía⁵

Jesús Arturo Fierro Coronado⁶

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. Con relación en el análisis de glucosa se presentaron diferencias significativas en la estación de otoño con valores de 86 mg/dL⁻¹, concentraciones de proteínas totales, triglicéridos y lactato fueron mas altas en invierno con valore de 50 g/dL⁻¹, 15.1 mg/dL⁻¹ y 45 mg/dL⁻¹, respectivamente, mientras que los lipidos totales alcanzaron su máximo en otoño con 90 mg/dL⁻¹. Estos resultados evidencian una

¹ Licenciada en Biología. Estudios de Maestría en el CIIDIR Sinaloa, 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 CIIDIR Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460> ; asantama@ipn.mx

³ Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular C en CIIDIR Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

⁴ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Doctorante del programa 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 Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6530-5954>

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 zooplankton (Kottelat y Freyhof, 2007). Durante el periodo reproductivo las lisas se desplazan en cardúmenes a la zona pelágica costera para desovar (Ramos *et al.*, 2010), en aguas templadas y tropicales (Robins y Ray, 1986; Allen y Robertson, 1998). 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 presentan 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 (Tung, 1981; McDonough *et al.*, 2005).

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, su exportación o su uso como carnada en las pesquerías de jaiba, tiburón y huachinango. Se aprovechan 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's 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).

La comprensión de 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 sanguíneos 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, 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 separó 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 $\pm$ error estándar y se analizaron con ANDEVA ($\alpha=0.05$); cuando procedió, se aplicó la prueba de Tukey HSD para la comparación de medias en el software Statistica v. 7.

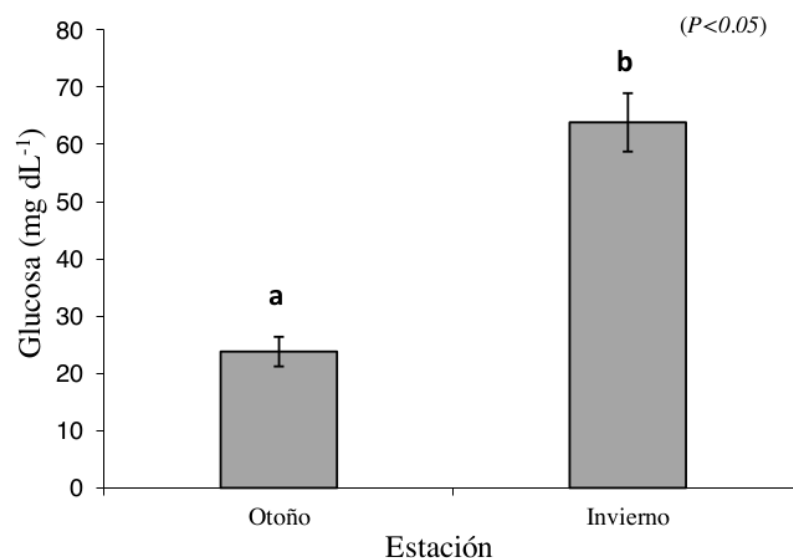
Resultados y discusiones

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 presentó mayor concentración en otoño. Por su parte, 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 (Fig. 5) 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. CITA

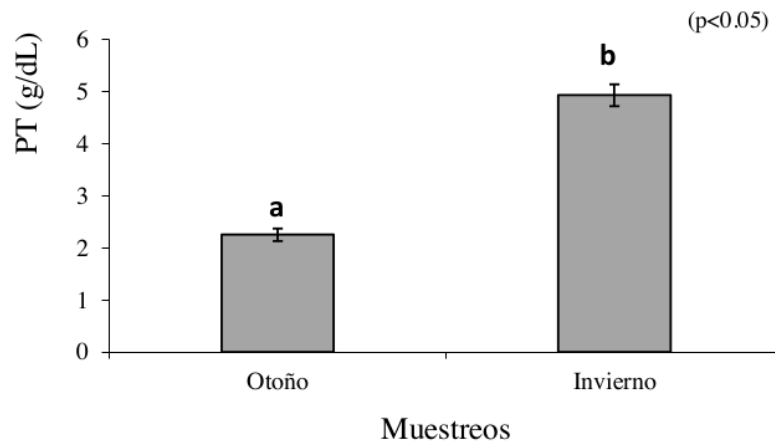
Gráfica 1. Concentración plasmática de glucosa (mg dL⁻¹) en la lisa *Mugil cephalus* durante las estaciones de otoño e invierno, registrada en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha).



Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencia de la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$).

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2. Concentración plasmática de triglicéridos en la lisa *M. cephalus* durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha).

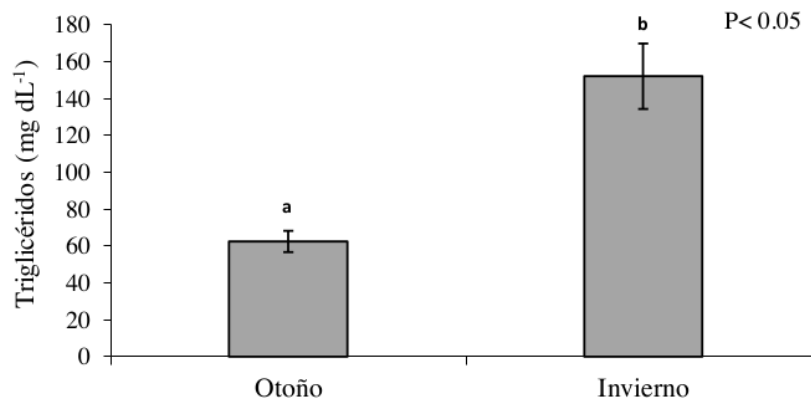


Nota: letras superiores en las barras indican diferencia de la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$). Fuente: elaboración propia

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}) ($p < 0.05$) (Fig. 6). 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.

La concentración de triglicéridos fue significativamente mayor en invierno (152.1 mg dL^{-1}) que en otoño (62.4 mg dL^{-1}) ($p < 0.05$) (Fig. 7). 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).

Gráfica 3. Concentración plasmática de triglicéridos en la lisa *M. cephalus* durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha).

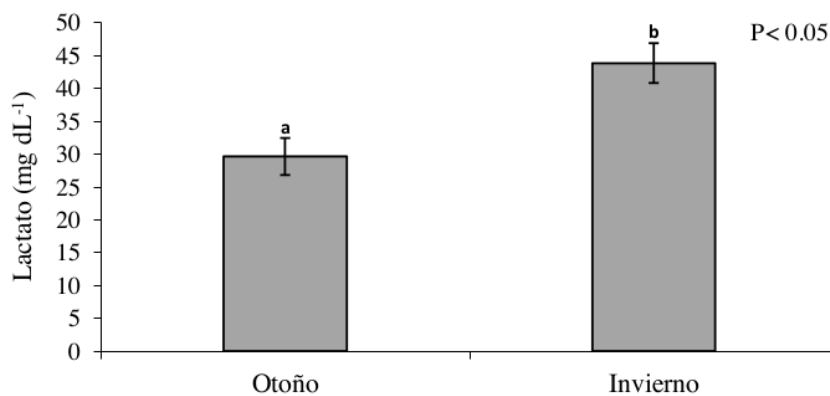


Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA

Fuente: elaboración propia.

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}) (Fig. 8). 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.

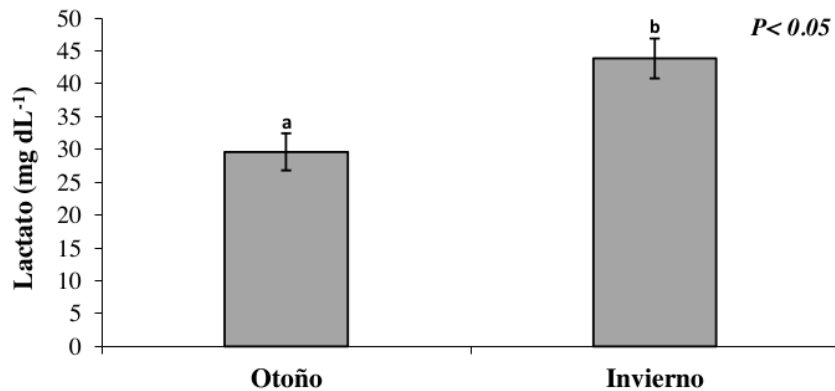
Gráfica 4. Concentración plasmática de lactato en la lisa *M. cephalus* durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha).



Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$) Fuente: Elaboración propia.

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}) (Fig. 8). 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.

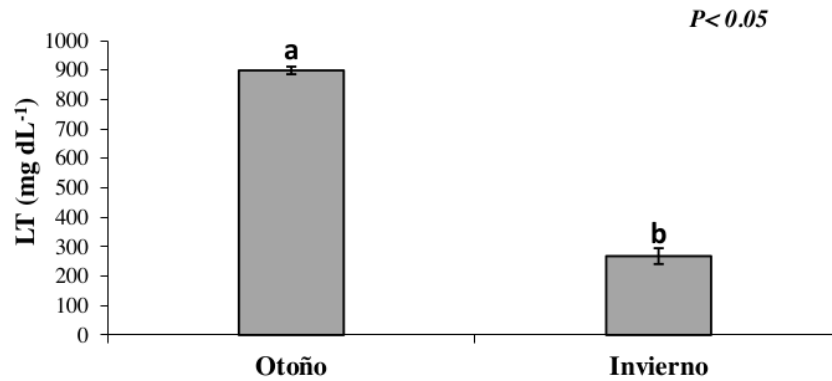
Gráfica 5. Concentración plasmática de lactato en la lisa *M. cephalus* durante otoño e invierno en el sistema lagunar Las Grullas (margen derecha).



Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$). 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}) (Fig. 9). Román (2013) informó valores promedio de $2.29 \pm 0.18 \text{ g dL}^{-1}$ 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 6. Concentración plasmática de lípidos totales 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 ($\alpha=0.05$). 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.

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., & Robertson, D. R. (1998). *Peces del Pacífico oriental tropical*. CONABIO, agrupación Sierra Madre y CEMEX.
- Blaber, SJ (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.
- CONAPESCA. 2014. Ordenamiento pesquero de lisa (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758) y lebrancha (*Mugil curema* Valenciennes, 1836) en Tamaulipas y Veracruz. Consultado en línea el día 11 de octubre de 2023 en: <https://docplayer.es/57809877-Ordenamiento-pesquero-de-lisa-mugil-cephalus-linnaeus-1758-y-lebrancha-mugil-curema-valenciennes-1836-en-tamaulipas-y-veracruz.html>
- De Pedro, N., Guijarro, AI, López-Patiño, MA, Martínez-Álvarez, R., & Delgado, MJ (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.
- FAO. 2009. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Múgil cephalus*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Text by Saleh MA. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department (online). Rome. Updated 7 April 2006 (accessed 8 December 2009), http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/es.
- 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*).
- García, S. (1980). Contribución al estudio de la pesquería de lisa (*Mugil cephalus* L) en la laguna de Tamiahua, Ver. *INP de la Secretaría de Pesca. Mexico, USA*.
- Kottelat, M., & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes* (Vol. 13). Cornol, Switzerland: Publications Kottelat.
- McDonough, C. J., Roumillat, W. A., & Wenner, C. A. (2003). Fecundity and spawning season of striped mullet (*Mugil cephalus* L.) in South Carolina estuaries.
- McDonough, C. J., Roumillat, W. A., & Wenner, C. A. (2005). Sexual differentiation and gonad development in striped mullet (*Mugil cephalus* L.) from South Carolina estuaries.
- Ramos-Santiago, E., Gil-López, H., Labastida-Che, A., & Gómez-Ortega, R. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Cienc. Pesq*, 18, 79-91.
- Robins, CR y Ray, GC (1986). *Una guía de campo para los peces de la costa atlántica: América del Norte* (Vol. 32). Houghton Mifflin Harcourt.

- Román, V. 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.
- SAGARPA.2021. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. gob.mx.
<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-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.

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

Máximo García Marciano¹

Juan Pablo Apún Molina²

Apolinar Santamaría Miranda³

María José Ruelas Carlón⁴

Mauro Espinoza Ortiz⁵

Resumen

Los índices morfológicos como el Índice Gonadosomático (ÍG), Índice Hepatosomático (ÍH) y el Factor de Condición (FC), son utilizados 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 períodos 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. Con relación al sexo (machos, hembras e indefinidos), se presentaron diferencias significativas en el IRG, y el IG, con relación en el peso (gr), se presentaron diferencias significativas en el IH y el IRG.

¹ Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Doctorante del programa 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 CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9006-8882>

³ Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora en CIIDIR Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8335-1460> ; ID'Scopus: [6507903146](https://scopus.org/6507903146)

⁴ Licenciada en Biología. Estudios de Maestría en el CIIDIR Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8965-0735>

⁵ Profesor Universidad Autonoma de Sinaloa, México. Posdoctorante en CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9970-1736> ; ID'Scopus: [57194554348](https://scopus.org/57194554348)

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

Introducción

La lisa *Mugil cephalus* tiene gran importancia en distintos países como recurso de consumo humano ya que es uno de los componentes principales de la dieta de comunidades pesqueras que se encuentran 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 (FAO, 1999). México es uno de los diez países más productivos de mugílidos en el mundo (FAO, 2009), la lisa se encuentra posicionada en el lugar 18 de la producción pesquera en México; sin embargo, por su valor monetario se encuentra 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 alteraciones. 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.

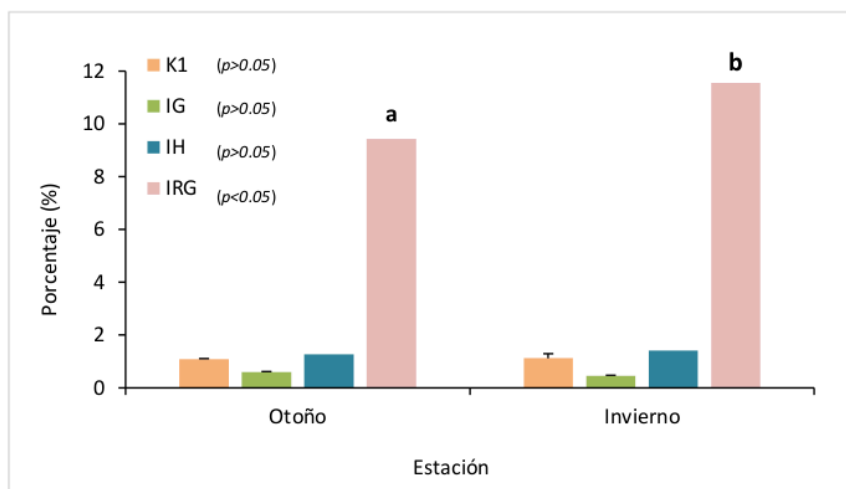
El sistema lagunar se encuentra ubicado al norte del estado de Sinaloa México. La zona está caracterizada por poseer numerosas isletas, playas de arena, esteros poco profundos en los que se

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 de El Perro (figura 2), ubicadas en las coordenadas 25°55'N, 109°25'O, 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 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, posteriormente fueron procesados en el 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 $\text{media} \pm \text{error estándar}$ 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 presenta diferencias significativas durante las estaciones de otoño e invierno, con excepción del índice de repleción gástrica (IRG) que si presentó diferencias significativas (gráfica 1).

Gráfica 1. Índices morfofisiológicos de *Mugil cephalus* por estación de muestreo (otoño-invierno) en el norte de Sinaloa



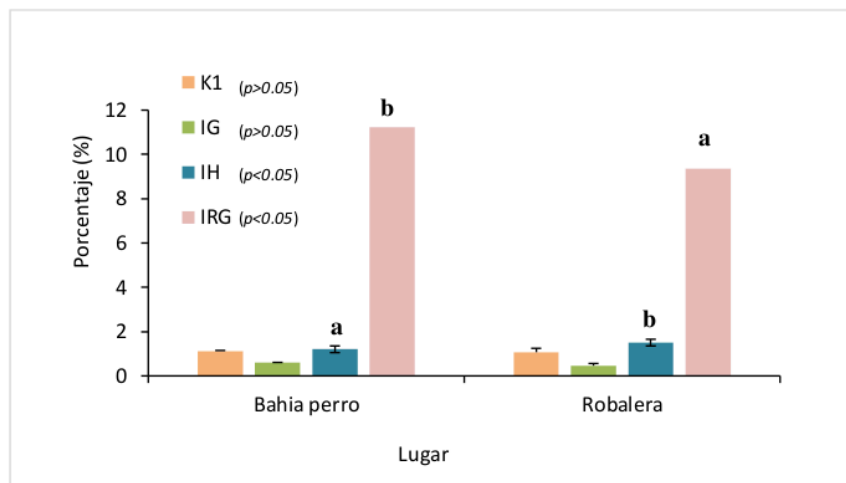
Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$). Fuente: elaboración por los autores.

Para el índice hepatosomático, los valores más altos se registraron en la estación de invierno; lo que difiere con lo reportados por Santamaria Miranda *et al.*, (2003), quien 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 *L. 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 presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) durante las dos estaciones, con excepción del IRG e IG que presentaron diferencias significativas ($p<0.05$). El valor índice gonadosomático fue más alto en los machos (1.10%), que en las hembras (0.48%), o indefinidos (0.04%), el índice de repleción gástrica RG) fue mayor en las hembras (10.76%), que en los machos (9.64%) o los indefinidos (8.57%) (fig. 2).

Gráfica 2. Índices morfofisiológicos de *Mugil cephalus* por sexo (H: Hembra, M: Macho, I: Indiferenciado) en el norte de Sinaloa

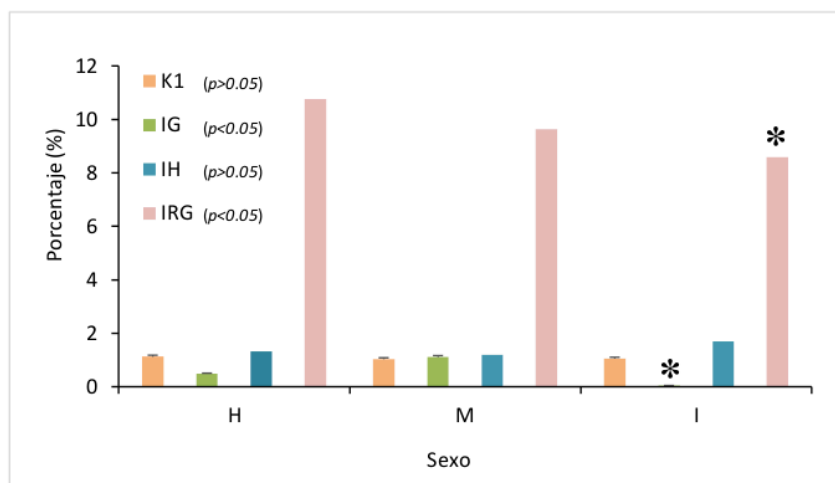


Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$). Fuente: elaboración por de los autores.

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 en la bahía El Perro (11.2% y 1.5% respectivamente, fig. 3). Para el caso de ÍRG el comportamiento fue similar a los resultados que se encontraron en *Lutjanus peru* en el estado de Oaxaca y Guerrero, donde se registró un mayor índice de repleción gástrica en un área prístina, en la comparación con otra no prístina (Román, 2013).

Gráfica 3. Índices morfofisiológicos de *Mugil cephalus* por lugar de muestreo (Bahía de El Perro y playa La Robalera) en el norte de Sinaloa

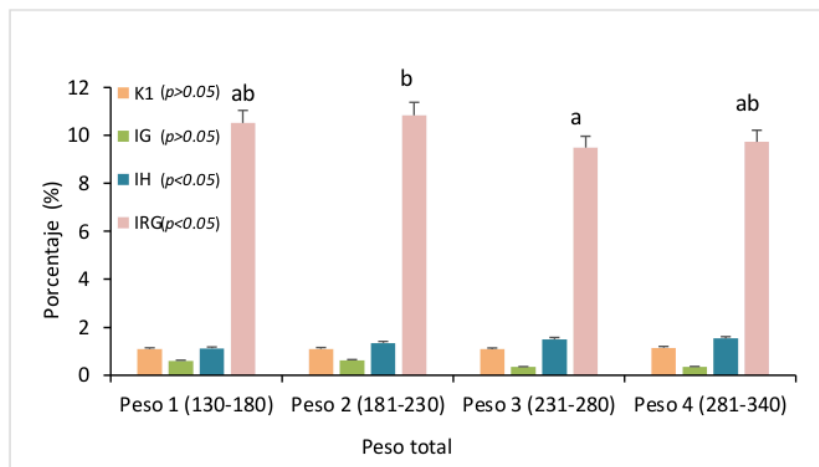


Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$). Fuente: elaboración por los autores.

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 mostraron un comportamiento claro de acuerdo al peso de los organismos; mientras que el índice de repleción gástrica si presentó diferencias significativas ($p<0.05$) entre los grupos de acuerdo con el peso de los especímenes, pero al igual que los otros índices no mostro un comportamiento claro de acuerdo con el pesos de los organismos (fig.4).

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



Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas en la prueba de ANDEVA ($\alpha=0.05$). 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, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Unidad Sinaloa. México.
- FAO. (1999). *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). Mugilidae. Consultado el día agosto 11 de 2023 en: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/en_flatheadgrey_mullet.htm
- Korcock, D. E. Houston A. H. y J. D. Gray. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, J. Fish Bid 33:319-330.
- Ramos-Santiago E., H. A. Gil-López, A. Labastida-Che y R. Gómez-Ortega (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. Cienc. Pesq. 18(1): 79-89 p.
- 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, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Unidad Sinaloa. México.

SAGARPA.2021. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. gob.mx.
<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>

Santamaría-Miranda, A., Elorduy-Garay, J. F., Villalejo-Fuerte, M., & 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.

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

Aldo Díaz Gallegos¹

Juan Violante González²

Yesenia Gallegos Navarro³

Princessa Jhossabeth Villalba Vásquez⁴

Flor Ariadna Palacios Atempa⁵

Jonatan Carbajal Violante⁶

Guadalupe Quiterio Rendon⁷

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

¹ Maestro en Recursos Naturales y Ecología. Estudiante del Doctorado en Laboratorio de Ecología Acuática. Facultad de Ecología Marina, 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 al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6291-8763>

³ Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de Investigación adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. <https://orcid.org/0009-0009-9366-6162>

⁴ Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita al Laboratorio de Ecología Acuática, 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 adscrita al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7995-4269>

⁶ Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, 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>

en los estados del Pacífico sur, como es el caso de Guerrero. ¹ Con el objetivo de examinar los factores bióticos y abióticos, que pueden influir en la dinámica inter-anual de las comunidades de parásitos de *M. curema*, se colectaron y examinaron un total de 668 lisas durante un periodo, aunque no continuo, de 21 años (2003-2024), en la laguna de Tres Palos Gro.

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 inter-anual 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. ¹ 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 macro-ambiente en el cual vive el hospedero y del microambiente (hospedero), en el que vive el parásito. Una gran ²³ variedad de factores puede determinar o influenciar la fauna parasitaria de cualquier especie o grupo de hospedero. Factores como la ²³ 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 y Bashirullah 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 inter-anual), 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 cuerpos 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 (Trape *et al.* 2009, Salgado-Cruz *et al.* 2021, Santos *et al.* 2021).

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, Mex., concluyendo que *M. curema* presentó una muy baja diversidad de especies, debido a la alta dominancia de una larva de heterófito. 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 7 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 inter-anual 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. Los peces fueron capturados empleando redes agalleras, siendo posteriormente trasladados hasta el laboratorio de la Facultad de Ecología marina (UAGro), donde fueron procesados y examinados en las siguientes horas posteriores a su captura. Los muestreos abarcaron del año 2021Feb al 2024Feb, efectuándose dos muestreos semestrales (secas y lluvias) en los dos primeros años y solo uno durante el periodo de secas del último año (Tabla 2); por lo que se efectuó también un análisis temporal. Se incluyó además un muestreo efectuado en el 2003May en esta misma laguna, con el objetivo de realizar una comparación inter-anual 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 les fueron tomadas 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 diferentes órganos fueron separados y fijados 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. 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

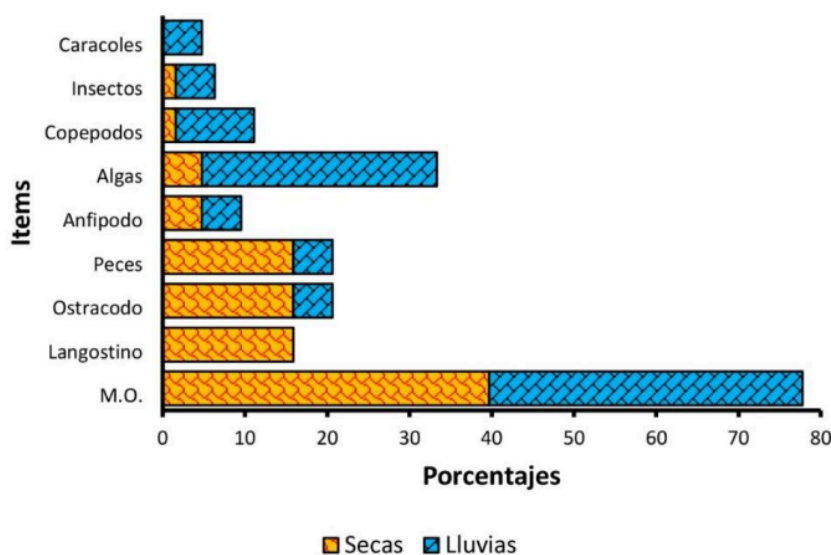
parásitos, se empleó el Modelo lineal general (MLG). Se aplicaron además pruebas de correlación por rangos de Spearman (r_s), para determinar si existía relación entre los valores de prevalencia y abundancia promedio de cada especie de parásito y la longitud de los hospederos ($p \leq 0.05$).

Para describir cada una de las infecciones causadas por los parásitos en base a 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 (H'), 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 varió significativamente entre los años y temporadas de muestreo de 14.0 ± 8.1 cm y 21.5 ± 2.5 cm (Anova: $F_{5, 667} = 18.94$, $p < 0.01$). No se registraron diferencias significativas entre la longitud total de machos y hembras (Anova $F_{1, 290} = 3.57$, $p = 0.06$); no obstante, las hembras fueron significativamente más pesadas que los machos (Anova $F_{1, 290} = 27.35$, $p < 0.01$). 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 pre-adultos y adultos (> 15 cm) durante las temporadas de secas (2021Feb y 2022May), 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 (2021Oct y 2022Oct), 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 (Fig. 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.

Gráfica 1. Componentes alimenticios de la lisa *Mugil curema* en la laguna de Tres Palos



Fuente: elaboración propia.

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-Salgado *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 pre-adulta y adulta consumen altos porcentajes de materia orgánica, como lo indicaron los presentes resultados.

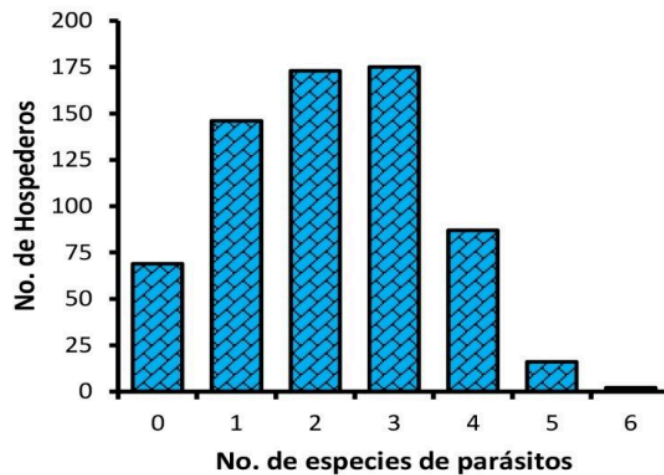
Composición de la parasitofauna

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 (Fig. 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 Sin., Fajer-Avila *et al.* (2006) reportaron 2.7 especies de parásitos en promedio, por hospedero infectado para este mismo hospedero.

Gráfica 2. Distribución del número de especies de parásitos, entre los ejemplares de *Mugil 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 1). Seis especies de endoparásitos fueron colectados 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 (Lira 1997, Fajer-Avila *et al.* 2006), 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 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).

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 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 2003May. 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 el de 2024Feb. En tanto que el digeneo *Saccocoelioides lamothei* ($G = 22.2, p < 0.05$), fue más prevalente durante el muestreo de 2021Oct. 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 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 ($rs = 0.930, p < 0.01$)

Tabla 1. Parámetros de infección de las especies de parásitos de Mugil curema, en la laguna de Tres Palos, Guerrero

Parásitos	Sitio de infección	2003 _{May}		2021 _{Feb}		2022 _{May}		2022 _{Oct}		2024 _{Feb}	
		P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]	P%(A)	T[rango]
Digenea											
<i>Ascocotyle (Phagicola) longa</i> ¹ (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)	209[3-636]	57(2.5)	3930[1-393]
<i>Austroplostomum compactum</i> ¹ (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]
<i>Saccocotyleoides lamathai</i> ¹ (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]
<i>Clinostomum tataxumai</i> ¹ (Al, G)	Ms	0.5(0.01)	1[0-1]								
Monogenea											
<i>Ligophorus mugilinus</i> ¹ (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]
<i>Parvitaenia cochleari</i> ¹ (Al, G)	H	0.5(0.02)	4[0-4]					0.64(0.01)	1[0-1]		
Acanthocephala											
<i>Floridosentis mugilis</i> ¹ (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]
<i>Neoechinorhynchus brennickoli</i> ¹ (Au, G)	I			1.8(0.02)	1[0-1]	1.6(0.08)	10[1-9]				
<i>Pseudoleptorhynchoides lamotheti</i> ¹ (Au, G)	I			3.6(0.05)	3[1-2]	2.5(0.05)	6[1-3]			12.3(0.22)	18[1-4]
<i>Southwellina hispida</i> ¹ (Al, G)	H, Ms			19.1(2.39)	289[1-48]						
Nematoda											
<i>Capillaria</i> sp. ¹ (Au, G)	I			10.7(1.11)	134[1-112]	20.4(1.15)	62[1-32]				
<i>Contracaecum multipapillatum</i> ¹ (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]
<i>Ergasilus liciae</i> ¹ (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]
Brachyura											
<i>Argulus</i> sp. ¹ (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.

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 bióticos 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 haploporidos como *Sacocoeliodes lamothei* (Andrade 2022); por lo que 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 (Luque *et al.* 2004, Carpio 2020).

1 Distribución espacial de las especies de parásitos

Los valores del índice de dispersión varianza/media (*ID*, Tabla 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., presentaron los valores más altos de agregación ($ID > 20$). No obstante, solo la larva del digeneo, *A. (Ph.) longa* presentó 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 ($r_s = 0.429, p < 0.01$), abundancia promedio ($r_s = 0.776, p < 0.01$) y número total de parásitos ($r_s = 0.730, p < 0.01$).

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 (Poulin 1993, Carvalho *et al.* 2015, Carpio 2020). 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 (Poulin 1993, Guidelli *et al.* 2003, Carvalho *et al.* 2015). Este patrón de agregación fue también 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 1).

Tabla 2. Valores del índice de dispersión varianza/media, para las especies de parásitos de la lisa *Mugil curema*, en la laguna de Tres Palos, Gro.

Parásito	2003 May	2021 Feb	2021 Oct	2022 May	2022 Oct	2024 Feb
<i>Ascoctyle (Ph.) longa</i>	48.82	172.24	119.14	189.78	133.58	214.66
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	0.17					
<i>Saccocoelelioides lamothei</i>			38.24	29.37	6.33	17.09
<i>Ligophorus mugilinus</i>	3.80		16.35	6.39	18.58	44.20
<i>Floridosentis mugilis</i>	1.59	1.62	4.07		2.78	
<i>Neoechinorhynchus brentnickoli</i>			6.40			
<i>Pseudoleptorhynchoides lamothei</i>		0.33	0.50			0.72
<i>Southwellina hispida</i>			17.00			
<i>Capillaria</i> sp.			90.68	17.50		
<i>Contracaecum multipapilatum</i>	6.03	0.36	1.37	1.36	0.85	4.98
<i>Ergasilus lizae</i>	18.54	5.74	2.79		4.04	5.12
<i>Argulus</i> 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 digeneo *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, como por ejemplo en el año 2022Oct, como lo indicó el valor más alto del CV (57.5%, Tabla 2).

Tabla 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 *Mugil curema*

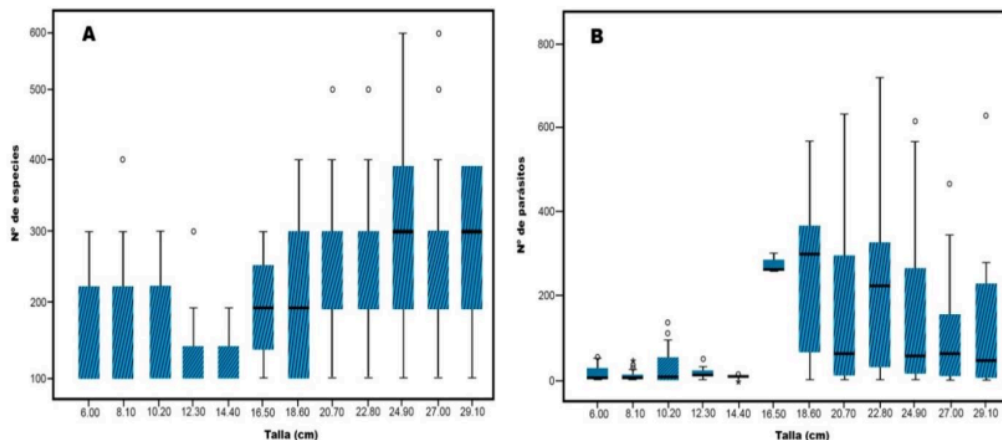
Muestreo	Riqueza	Carga
2003May	0.255*	0.202*
2021Feb	0.019	0.111
2021Oct	0.621*	0.516*
2022May	-0.018	-0.008
2022Oct	0.722*	0.594*
2024Feb	0.298*	0.454*

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 (Fig. 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. 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 2021Oct y de *S. lamothei* ($P = 21.62$, $A = 1.43$), durante el de 2022Oct. 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 *Ps. lamothei* ($P = 12.8$, 6.36 y 6.38 , respectivamente).

Gráfica 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.

¹ 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 (Luque y Poulin, 2008, Carpio 2020).

Sin embargo, las correlaciones negativas registradas entre la longitud de los peces y las abundancias del digéneo *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 (Iyaji *et al.* 2009, Carpio 2020). 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 (Iyaji *et al.* 2009, Carpio 2020).

1
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 2021Oct (Tabla 4) En tanto que el número total de parásitos de cada comunidad varió también significativamente de 1,937 parásitos a 71,234 parásitos (2003May) ($t = -4.99, p < 0.01$). La diversidad de especies calculada a partir del exponencial del índice de Shannon-Wiener (*ID*), varió de 1.93 a 6.25, siendo significativamente más alta durante el año 2021Oct ($t = -4.73, p < 0.01$)

Tabla 4. Características de las comunidades de parásitos de *Mugil curema* en la laguna de Tres Palos, Gro.

Muestreo	No. de peces	Long (cm)	CV	Riqueza	Ecto	Endo	No. de parásitos	IBP	Especie dominante	ID
20 03May	200	21.5±2.5	11.8	9	1897	69337	71234	0.9615	Asco	1.93
20 21Feb	55	21.4±1.4	6.49	9	100	1837	1937	0.9257	Asco	2.36
20 21Oct	121	16.9±8.6	50.6	12	613	4716	5329	0.7318	Asco	6.25
20 22May	54	21.3±1.8	8.56	6	53	2272	2325	0.8994	Asco	2.82
20 22Oct	157	14.0±8.1	57.5	8	304	4215	4519	0.8697	Asco	3.21
20 24Feb	81	21.2±7.7	36.4	8	507	5164	5671	0.8729	Asco	3.20

Nota: CV = coeficiente de variación, IBP = índice de Berger-Parker, ID = 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 (Valtonen *et al.* 2001, Tavares-Dias y Neves 2017, Carpio 2020). 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 son también afectadas por la disponibilidad de estadios larvarios infectivos; así como por la presencia de hospederos

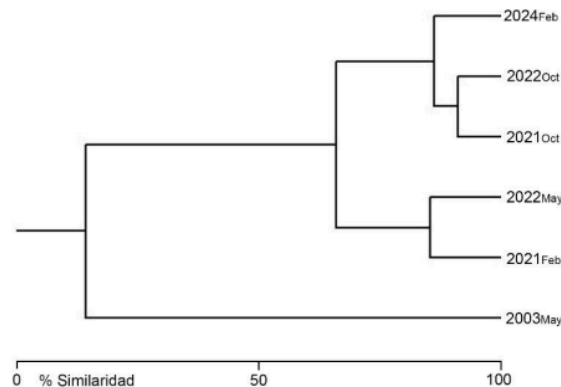
intermediarios adecuados en el medio ambiente (Valtonen *et al.* 2001, Tavares-Dias y Neves 2017, Carpio 2020). Por lo tanto, estas comunidades pueden presentar cambios importantes en su composición y diversidad de especies, principalmente durante periodos de tiempo largos (varios años).

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: Lira 1997, Fajer-Avila *et al.* 2006, Violante-González y Aguirre-Macedo 2007, Violante-González *et al.* 2007). Sin embargo, la parasitofauna global fue de 14 especies de parásitos (Tabla 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 heterófito 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% (2003May-2021Feb) a 91% (2021Oct-2022Oct) (media = 49.37); aunque la composición de especies fue más similar para una misma temporada durante los dos años sucesivos (Fig. 1).

Figura 1. Porcentajes de similitud cuantitativa entre las comunidades de parásitos de la lisa *Mugil curema*, en la laguna de Tres Palos, Gro.



Fuente: elaboración propia.

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 inter-anual 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 (2003May-2121Feb); mientras que fueron menos evidentes entre años consecutivos (Fig. 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.

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 transmisión de especies de parásitos desde hospederos intermediarios bentónicos.

Referencias

- Andrade L. 2022. Taxonomía integrativa de Haploporidos (Trematoda) parásitos de *Mugil* spp. (Mugilidae) de las costas de México. Tesis doctoral. Instituto de Biología Sistemática, UNAM. 141 p.
- 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 región. *Acta Parasitol.* 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.* revisited. *J. Parasitol.* 83: 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, 129 p.
- Carvalho R.P.S., Takemoto R.M., Melo C.M., Jeraldo V.L.S. y Madi R.R. 2015. Structure of the parasite infracommunity of *Sciades proops* from the Japaratuba River Estuary, Sergipe, Brazil. *Braz. J. Biol.* 75: 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 I.M. y Betancourt-Lozano M. 2006. Copepods and larvae of nematodes parasiting the White mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of antropogenic impacts in tropical coastal lagoons? Environ. Monit. Asses. 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. An. Acad. Bras. Cienc. 94: e20200496.
- 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. Braz. J. Biol. 63: 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. Ecol. Appl. 11: 1502–1516.
- Iyaji F.O., Etim L. y Eyo J.E. 2009. Parasite assemblages in fish hosts. Biol. Res. 7: 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. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63: 1700–1709.
- Lira G. 1997. Fauna helmintológica de dos especies de mugílidos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 125 p.
- 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.
- Luque J.L. y Poulin R. 2008: Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. J. Fish Biol. 72: 189–204.
- Magurran A 2004. Ecological diversity and its measurement, p. 178. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- 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. Exp. Parasitol. 240:108335.

- Muñoz G., Grutter A.S. y Cribb T.H. 2006. Endoparasite communities of five fish species (Labridae: Cheilinae) 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. *Rev. Zool.* 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 Neotrop.* 24: e20231571.
- Poulin R. 1993. The disparity between observed and uniform distributions: a new look at parasite aggregation. *Int. J. Parasitol.* 23: 937–944
- Poulin R. 2006. Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *Int. J. Parasitol.* 36: 877–885.
- Salgado-Cruz L., Quiñonez-Velázquez C., García-Domínguez F.A., Pérez-Quinonez C.I. y Aguilar-Camacho V. 2021. Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 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. *J. Parasit. Dis.* 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. *An. Acad. Bras. Cienc.* 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. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 85: 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-Solis D. y Mendoza-Franco E.F. 2001. Atlas of helminth parasites of cichlid fish of Mexico. Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague. 165 p.
- 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. *Parasitol. Res.* 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*. Paper 9., pag. 104–120.
- Zander C. D. 2004. Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the south-western Baltic. *Parasitol. Res.* 93: 17–29.

Capítulo 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 González¹

Aldo Díaz Gallegos²

Yesenia Gallegos Navarro³

Princessa Jhossabeth Villalba Vásquez⁴

Erick Rodríguez Ibarra⁵

Jonatan Carbajal Violante⁶

Guadalupe Quiterio Rendon⁷

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

¹ Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, 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 del Doctorado en Laboratorio de Ecología Acuática. Facultad de ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6853-7663>

³ Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de Investigación adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. <https://orcid.org/0009-0009-9366-6162>

⁴ Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8027-608X>

⁵ Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2930-8709>

⁶ Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, 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>

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 *M. curema* de 5 lagunas costeras, con el objetivo de determinar el efecto de las condiciones ambientales locales, en la estructuración de sus comunidades de parásitos. Se identificaron un total de 15 especies de parásitos: 5 especies 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 heterófito *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 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 (Smith 2003, Johnson y Carpenter 2008).

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 a moderados de eutrofización son generalmente asociados 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.

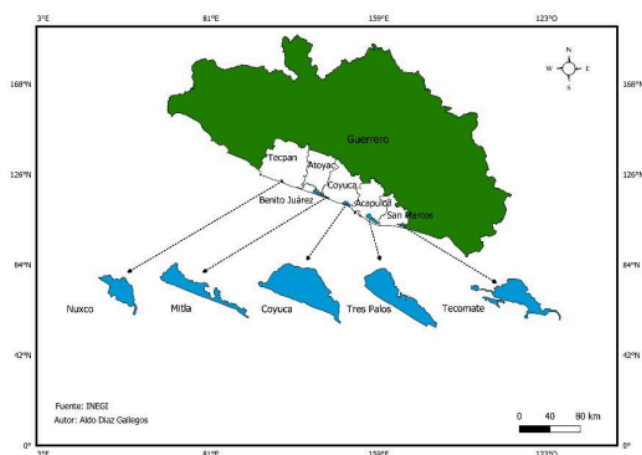
La lisa *Mugil curema* es una especie marina de hábitos detritívoros, que pasa la mayor parte de su ciclo de vida en las lagunas costeras, donde se alimenta principalmente de detritus, algas microscópicas o filamentosas e invertebrados bentónicos y planctónicos (Trape *et al.* 2009, Salgado-Cruz *et 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 algunos estudios parasitológicos de esta especie, en algunas localidades del Pacífico mexicano (Lira 1997, Fajer-Avila *et al.* 2006), así como en tres lagunas del estado de Guerrero (Violante-González y Aguirre-Macedo 2007, Violante-González *et al.* 2007, Morales-Martínez *et al.* 2022); 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, la cual puede ser utilizada para el desarrollo biotecnológico de la especie dado su alto potencial de cultivo, el cual es demostrado 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, es presentada en la Figura 1; en tanto que sus características generales y el nivel de eutrofización que presentan, es mostrado en la Tabla 1.

Figura 1. Localización de las lagunas de Tecomate, Tres Palos, Coyuca, Mitla y Nuxco, en las costas del estado de Guerrero



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Superficie y características físico-químicas de las lagunas costeras

Laguna	Extensión	Salinidad	O2	pH	Clorofil- α	N2 total	Fosfatos	Clasificación
Tecomate	28 km ²	19.5	5.2	7.7		8.3	3.4	Mesotrónica
Tres Palos	55 km ²	3	3.4	8.8	156	425	27.4	Hipertrónica
Coyuca	31.35 km ²	2.4	4.2	6.8	82	302	16.6	Mesotrónica
Mitla	38.60 km ²	3.5	4.5	8.7	76.6	4	0.2	Oligotrónica
Nuxco	7.02 km ²	17.37	4.11	9.47				Oligotrónica

Fuente: elaboración propia.

Colecta y procesado de los peces

Las colectas de los ejemplares de *M. curema* se llevaron a cabo entre los años 2023May y 2024Feb. Los peces fueron obtenidos 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 fueron separados y fijados en frascos en alcohol al 70%. Para su identificación taxonómica, fueron teñidos empleando algunos

colorantes biológicos, como carmín clorhídrico o tricrómica de Gomori, siendo posteriormente montados en resina sintética o bálsamo de Canadá.

Clasificación de las especies de parásitos

Las especies de parásitos fueron clasificadas en base a sus estrategias de colonización como: autogénicas, aquellas especies de parásitos que alcanzan la madurez 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

1 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. 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 (r_s), 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 ($1D$), 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, fue utilizado para clasificar a las comunidades de parásitos componentes de cada laguna, en base a sus similitudes relativas y poder visualizar patrones en la composición de especies. 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 fue utilizada 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 $\geq 10\%$). 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: $F_{4, 584} = 15.27$, $p < 0.01$). Se registraron además diferencias entre la longitud total de machos y hembras (Anova $F_{1, 584} = 3.57$, $p < 0.01$); siendo las hembras fueron 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 realizados 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

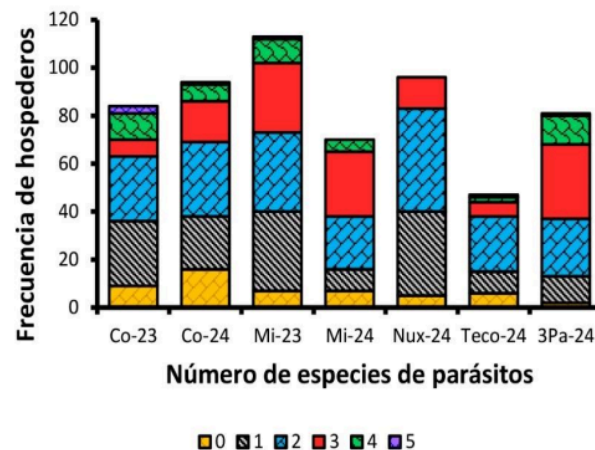
otra parte, la talla de primera madurez estimada para los machos es de 26.8 cm y de 28.6 para las hembras (Salgado-Cruz *et al.* 2021); por lo que se estima que la mayoría de los peces examinados en el presente estudio, no habían tenido aún la oportunidad de reproducirse al menos una vez durante su vida. 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 (Fig. 2).

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 (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 (gráfica 1), lo cual puede ser atribuido a las mejores condiciones ambientales de esta laguna (Contreras-Espinosa y Warner 2004).

Gráfica 1. Distribución del número de especies de parásitos, entre los ejemplares de *Mugil curema*, en cinco lagunas costeras del estado de Guerrero. Gro. Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Tec = Tecomate, 3Pa = Tres Palos



Fuente: elaboración propia.

La parasitofauna de *M. curema* estuvo constituida por un total de 15 especies de parásitos: una especie 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 fueron clasificadas como ectoparásitos y 11 como endoparásitos (Tabla 2). Cinco especies de endoparásitos fueron además clasificadas 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 fueron clasificadas 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 3). Los grupos de endoparásitos mejor representados en *M. curema* fueron los digéneos y los acantocéfalos (5 y 3 especies, respectivamente). Muchos estudios parasitológicos efectuados en las regiones tropicales indican que los digéneos constituyen el grupo más abundante y diverso de helmintos parásitos en peces, de todos los ambientes acuáticos (Luque y Poulin 2007, Violante-González *et al.* 2007, Carpio 2020). La abundancia de especies de digéneos 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.

Tabla 2. Parámetros de infección de las especies de parásitos de la lisa *Mugil curema*, en cinco lagunas del estado de Guerrero

Parásitos	Coyuca 2023May		Coyuca 2024Ago		Mitla 2023Sep		Mitla 2024Oct		Nuxco 2024Sep		Tecomate 2024Mar		Tres Palos 2024Feb	
	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]	P%(A)	[rango]
Digenea														
<i>Ascoscyle (Phagicola) longa</i> 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]
<i>Austrodiplostomum compactum</i> 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]
<i>Clinostomum tataxumui</i> L (D, Al) G					0.88(0.05)	[0-6]								
<i>Saccocoeleoides lamothei</i> 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]
<i>Forticulcita isabelae</i> (Sa, Au) E	4.7(0.07)	[1-2]												
Monogenea														
<i>Ligophorhis mugilinus</i> 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														
<i>Parvitaenia cochlearii</i> L (Sa, Al) G					1.43(0.01)	[0-1]								
Acanthocephala														
<i>Floridosentis mugilis</i> 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)	06[1-99]	2.47(0.02)	2[0-1]
<i>Neoechinorhynchus brentnickoli</i> J (Sa, Au)					0.88(0.01)	[0-1]								
<i>Pseudolephorhynchoides lamothei</i> J (Sa, Au) E							25.7(0.63)	4[1-9]					12.3(0.22)	8[1-4]
Nematoda														
<i>Capillaria</i> sp. A (Sa, Au) G	3.57(0.04)	[0-1]					4.29(0.39)	7[1-16]						
<i>Contracaecum</i> <i>multipapillatum</i> 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														
<i>Ergasilus izcae</i> 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]
<i>Bomolochus</i> sp. (M, Au) G			2.13(0.02)	2[0-1]							2.13(0.02)	1[0-1]		

Brachyura

<i>Argulus</i> sp. A (Sa, Au) G	1.06(0.01)	1[0-1]	2.65(0.03)	3[1-1]
---------------------------------	------------	--------	------------	--------

Nota: 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.

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 puede también 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 fueron registradas en todas las lagunas y años de muestreo [*Ascotyle (Ph.) longa* y *Contracaecum multipapilatum*, Tabla 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 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 ($r_s = 0.886$, $p < 0.01$).

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 experimentar 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 3), varió de manera significativa de 3 (Nuxco2024) a 9 especies (Coyuca2024) ($t = 5.29, p < 0.01$). En tanto que el número total de parásitos de cada comunidad varió también significativamente de 1,142 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 Palos2024) a 7.73 (Mitla2023) ($t = 3.09, p < 0.05$).

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 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 2). Este acantocéfalo es una especie marina, aunque tolera amplios rangos de salinidad, debido a 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 2).

Tabla 3. Características de las comunidades de parásitos de *Mugil curema* en 5 lagunas del estado de Guerrero

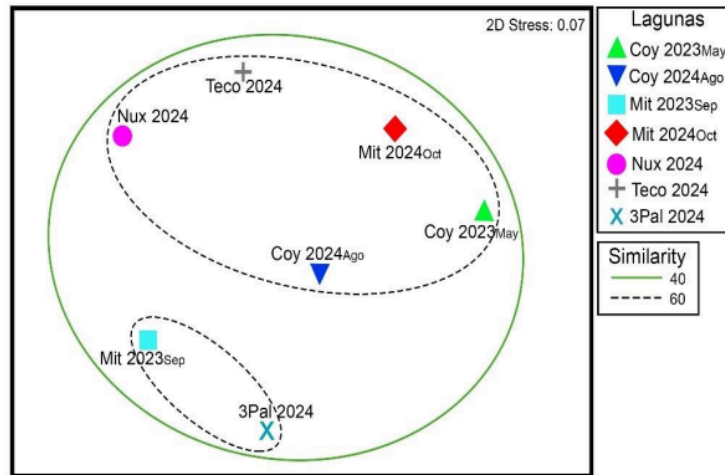
Laguna	Año	No. de peces	Long (cm)	CV	Riqueza	Ecto	Endo	No. de parásitos	IBP	Especie dominante	ID
Coyuca O	2023May	84	23.5±4.1	17.4	8	59	279	1538	0.563	Asco	7.73
Coyuca	2024Agosto	94	23.2±2.2	9.59	9	56	86	1142	0.645	Asco	7.39
Mitla O	2023Sep	113	23.4±2.2	9.50	8	58	447	4605	0.916	Asco	2.50
Mitla	2024Oct	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	0	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

Nota: CV = coeficiente de variación, EBP = índice de Berger-Parker, ID = 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, ID = 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% (Tecomate2024-Tres Palos2024) a 87.1% (Mitla2023-Tres Palos2024) (media = 53.5). El gráfico resultante del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), utilizado para clasificar a las comunidades componentes en base a sus similitudes o diferencias, indicó que existió un gran agrupamiento de las comunidades a un nivel de similitud del 40% (Fig. 3); 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 Mitla2023 y Tres Palos2024 (Fig. 2).

Figura 2. Gráfico del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), de las comunidades componentes de *Mugil curema*



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

La distancia existente entre las localidades muestreadas es considerada como uno de los mejores predictores de la similitud entre las comunidades 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 pueden influir también en la similitud de las comunidades de parásitos de lagunas cercanas entre sí, tales como las características biológicas y ambientales de las mismas.

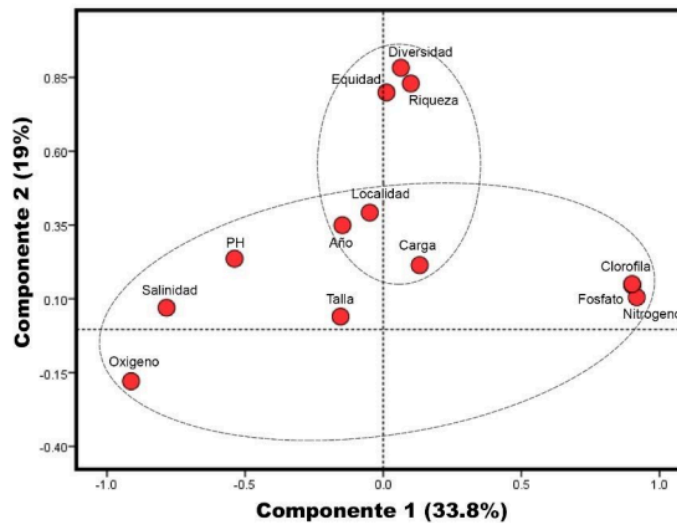
Las características de las lagunas tales como su tamaño, aislamiento geográfico, condiciones ambientales y características de su ictiofauna, pueden tener también una gran

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 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

³ En el análisis de componentes principales (ACP, Fig. 4), 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 (Fig. 3).

³ **Figura 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 *Mugil curema*, en cinco lagunas costeras del estado Guerrero



Fuente: elaboración propia.

11

Las lagunas costeras se encuentran entre los ambientes acuáticos de más alta productividad en el mundo y representan áreas de gran potencial 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, debido 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, debido a que un incremento en la productividad favorece el crecimiento de poblaciones de caracoles herbívoros y micro-crustáceos 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 2), las cuales han sido registradas en aves

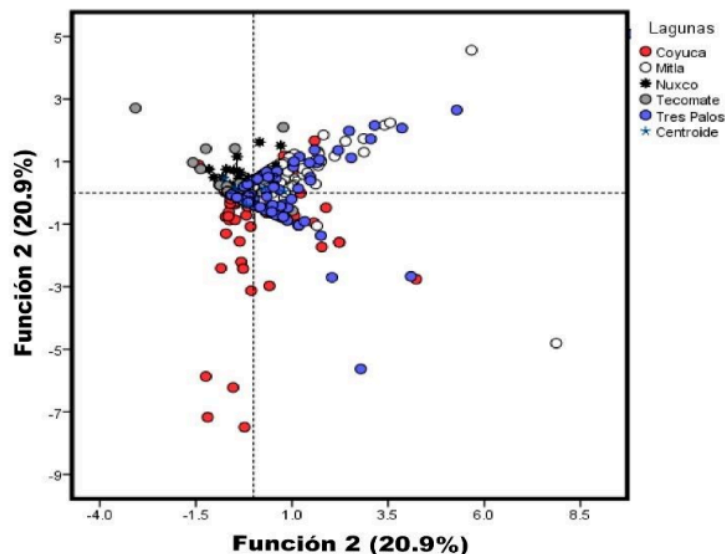
ictiófagas de las lagunas de Tres Palos y Coyuca (Violante-González *et al.* 2015), su abundancia representó el 87% del total de parásitos recuperados de las lisas de todas las lagunas. Por lo que se puede establecer, que las poblaciones de parásitos alogénicos caracterizan a las comunidades de parásitos 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, utilizado 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% (auto valor = 0.207) y 20.9% (auto valor = 0.081), respectivamente. 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 (gráfica 2). 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* fueron clasificados 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.

Gráfica 2. Gráfico del análisis discriminante para las comunidades de parásitos de *Mugil 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 4). Mientras que en el caso de Nuxco, hasta el 85.4% de los peces examinados, fueron clasificados de manera positiva (Tabla 4).

De las 7 especies de parásitos componentes seleccionadas para el análisis discriminante (es decir, con prevalencia > 10%), 6 fueron aceptadas por el modelo resultante, en base a 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 *Ps. 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 Tecamate.

Los análisis discriminantes han sido ampliamente utilizados para diferenciar poblaciones de una especie de hospedero, en base a diferencias en los niveles de infección de algunos de sus parásitos comunes (Villalba-Vásquez *et al.* 2018). Seis de las 7 especies de parásitos seleccionadas, fueron efectivas en la separación de poblaciones de lisas de las 5 lagunas costeras, en base a 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.

Tabla 4. *Números y porcentajes de ejemplares de Mugil 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						
<i>Ergasilus</i> sp.	0.132	0.133	-0.003	0.035	0.254*	
<i>A. compactum</i>	0.483	1.702*	-0.031	0.011	0.284	
<i>A. (Ph). longa</i>	0.002	0.008	0.006	0.004	0.019*	
<i>Saccocoelioides lamothei</i>	0.080*	-0.015	-0.007	-0.011	0.014	
<i>F. mugilis</i>	0.010	-0.007	0.036	0.238*	-0.018	
<i>Ps. lamothei</i>	0.033	0.749*	0.012	0.011	0.680	

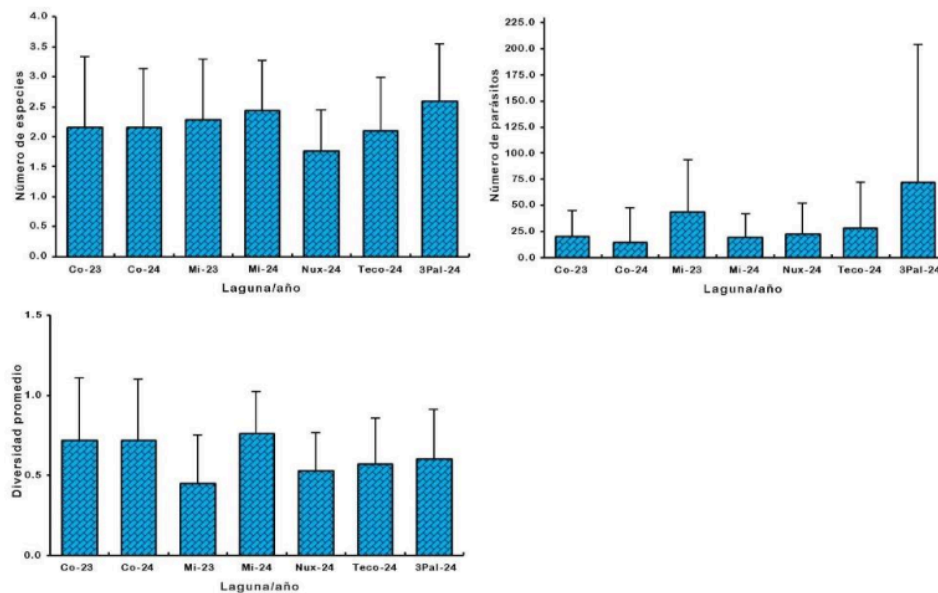
En la parte inferior de la Tabla, se presenta la matriz de los coeficientes de clasificación de las especies de parásitos que permitieron establecer diferencias entre las lagunas: asteriscos indican la importancia de cada especie de parásito, para diferenciar grupos de peces. Fuente: elaboración propia.

Estructura de las infracomunidades

La riqueza promedio de especies en las infracomunidades de parásitos de *M. curema*, varió entre 1.76±0.69 (Nuxco2024) a 2.59±0.95 (Tres Palos2024); en tanto que el número promedio de individuos parásitos fluctuó entre 14.64 ± 33.06 (Coyuca2024) a 71.78±132.76 (Tres Palos2024). Los valores del índice de diversidad de Brillouin (H'), fueron menores a 1 para todas las lagunas y variaron entre 0.45±0.30 (Mitla2023) a 0.76±0.26 (Mitla2024) (gráfica 3). 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 ($r_s = 0.108$, $p < 0.01$), y con la carga parasitaria ($r_s = 0.114$, $p < 0.01$).

Gráfica 3. Parámetros de las infracomunidades de parásitos ($\pm$ desviación estándar) de *Mugil curema*, en cinco lagunas costeras



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

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 (Yáñez-Arancibia, 1978, Fajer-Avila *et al.* 2006). 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 alogénicos y autogénicos que la infectaron fueron muy bajos, como en los casos de *Clinostomum tataxumui* y *Parvitaenia cochlearii* (Tabla 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 ser debido 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 (Luque *et al.* 2004, Luque y Poulin 2008, Baia *et al.* 2018, Carpio 2020). 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 heterófito *A. (Ph.) longa* (Tabla 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, debido a que fueron altamente dominadas por el heterófito *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., de Oliveira E.F. 2018. Host-Parasite Networks: An Integrative Overview with Tropical Examples. In: Dáttilo, W., Rico-Gray, V. (eds) *Ecological Networks in the Tropics*. Springer, Cham.
- 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. *J. Parasitol.* 83: 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, 129 p.
- 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. *Rev. Iber. Cienc.* 4: 57–69.
- Conroy G., y Conroy D.A. 1986. The salinity tolerance of *Ergasilus lizae* from silver mullet (*Mugil curema* Val., 1986). *Bull. Eur. Fish Pathol.* 6: 108.
- Contreras-Espinosa F., 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.
- 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, London.
- Escobedo D.C. 2010. Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. Tesis de doctorado, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. 208 p.

- Fajer-Avila E.J., García-Vásquez A., Plascencia-González H., Ríos-Sicairos J., García-de-la-Parra I.M. y Betancourt-Lozano M. 2006. Copepods and larvae of nematodes parasiting the White mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of antropogenic impacts in tropical coastal lagoons? Environ. Monit. Asses. 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. J. Fish Biol. 43: 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. In: Infectious disease ecology: the effects of ecosystems on disease and of disease on ecosystems. 11th Cary conference, millbrook, NY, USA. p. 71–99.
- Lira G. 1997. Fauna helmintológica de dos especies de mugílidos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 125 p.
- 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.
- 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. J. Fish Biol. 72: 189–204.
- Magurran A 2004. Ecological diversity and its measurement, p. 178. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Marcogliese D. J. 1995. The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites of fish. Rev. Fish. Biol. 5: 336–371.
- Marcogliese D.J. 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. Can. J. Zool. 79: 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. Exp. Parasitol. 240: 108335.
- Mwita C., Nkwengulila G. 2008. Determinants of the parasite community of clariid fishes from Lake Victoria, Tanzania. J Helminthol 82:7–16

- Poulin R. 1998. Evolutionary ecology of parasites: From individuals to communities. Chapman & Hall, 212 p.
- Poulin R. 2006. Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *Int. J. Parasitol.* 36: 877–885.
- Poulin R. 2010. Network analysis shining light on parasite ecology and diversity. *Trends Parasitol.* 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. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 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. *Comp. Parasitol.* 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. *J. Parasit. Dis.* 45: 1065–1070.
- Sasal P., Morand S. y Guégan J.F. 1997. Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 61–71.
- Smith V.H. 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems. A global problem. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 10: 126–139.
- Tavares L.E.R., Luque J.L. 2008. Similarity between metazoan parasite communities of two sympatric brackish fish species from Brazil. *J. Parasitol.* 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. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 85: 357–367.

- 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. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 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-Vásquez 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. *Parasitol. Res.* 102:151–161.
- Violante-González J., Mendoza-Franco E.F., Rojas-Herrera A., Gil-Guerrero S. 2020. Factors determining parasite community richness and species composition in black snook *Centropomus nigrescens* (Centropomidae) from coastal lagoons in Guerrero, Mexico. *Parasitol Res.* 107: 59–66.
- 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.*, pag. 104–120.
- 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. *Centro de Ciencias del Mar y Limnología Univ. Autón. México. Publicaciones Especiales* 2: 1–306.
- Zander C.D. 1998. Ecology of host parasite relationships in the Baltic sea. *Naturwissenschaften*. 85: 426–436.

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

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

Juan Violante González¹

Aldo Díaz Gallegos²

Yesenia Gallegos Navarro³

Princessa Jhossabeth Villalba Vásquez⁴

Erick Rodríguez Ibarra⁵

Jonatan Carbajal Violante⁶

Guadalupe Quiterio Rendon⁷

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

¹ Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, 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 del Doctorado en Laboratorio de Ecología Acuática. Facultad de ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6853-7663>

³ Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de Investigación adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. <https://orcid.org/0009-0009-9366-6162>

⁴ Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8027-608X>

⁵ Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2930-8709>

⁶ Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, 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>

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 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 ¹ que influyen en la distribución de las especies de parásitos, entre las poblaciones de peces; así como determinar que especies pueden ser más susceptibles a las infecciones, principalmente en el caso de aquellas con alto potencial acuícola (Tavares-Días 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 (Tavares-Dias *et al.* 2000, Lizama *et al.* 2006, Guidelli *et al.* 2011, 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 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 (Tavares-Dias *et al.* 2000, Lizama *et al.* 2006, Guidelli *et al.* 2011, 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; para posteriormente migrar al medio marino para reproducirse (Trape *et al.* 2009, Salgado-Cruz *et al.* 2021, Santos *et al.* 2021). 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 y Aguirre-Macedo 2007, Violante-González *et al.* 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 fueron examinadas 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' W, $n = 47$), Tres Palos (16°48' N; 99°47' W, $n = 468$), Coyuca (16°57' N; 100°02' W, $n = 178$), Mitla (16°59' N; 100°14' W, $n = 183$) y Nuxco (17°11' N; 100°47' W, $n = 96$). A cada uno de los peces le fueron tomadas 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 poblaciones 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, fue obtenido en base al 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, fueron utilizados para obtener los pesos teóricos (We), a partir de la ecuación $We = a L^b$. 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, fue empleada 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 (r_s) 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). Diferencias entre los parámetros de infracomunidad fueron determinadas 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: $F_{10, 971} = 49.60$, $p < 0.01$). 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: $F_{2, 744} = 30.19, p < 0.01$).

Tabla 1. *Parámetros de la relación longitud peso y factores de condición para la lisa Mugil curema, en cinco lagunas del estado de Guerrero*

Laguna	Año/mes	No. de peces	Talla (cm)	CV	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>Kn</i>	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

Nota: 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.

Los valores de los parámetros de la relación longitud-peso sin considerar el sexo (Tabla 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 ($\approx$ 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 sub-adultos, debido a que las lisas ya maduras regresan al medio marino para reproducirse (Salgado-Cruz *et al.* 2021, Santos *et al.* 2021). La diferenciación sexual 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 Colín 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 (Mitu *et al.* 2019, Carpio 2020). 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 (Frota *et al.* 2004, Antonetti *et al.* 2013, Carpio 2020).

Los resultados obtenidos en las lagunas costeras, sugieren que el crecimiento de la lisa es principalmente de tipo isométrico (a excepción de Mitla, Tabla 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 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 (Mitu *et al.* 2019, Carpio 2020). Los resultados obtenidos para los factores de condición fueron generalmente iguales a uno, en el caso del *Kn* y < 1 para el *FC* (Tabla 1). Un análisis de acuerdo al 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 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.

Tabla 2. Parámetros de infección de parásitos de la lisa *Mugil 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												
<i>Ascocotyle</i> (<i>Phagicola</i>) <i>longa</i> 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
<i>Austrodiplostomum compactum</i> 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
<i>Clinostomum tataxumui</i> L (D, Al) G	P%			0.88								
	A			0.05								
	T			6								
<i>Saccocoeilioides lamothei</i> 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
<i>Forticulcita isabelae</i> (Sa, Au) E	P%	4.7										
	A	0.07										
	T	6										
Monogenea												
<i>Ligophorus mugilinus</i> 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												
<i>Parvitaenia cochlearii</i> L (Sa, Al) G	P%			1.43							0.64	
	A			0.01							0.01	
	T			1							1	
Acanthocephala												
<i>Floridosentis mugilis</i> 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
	T	33	12		1	72	206	14	72		9	2
<i>Neoechinorhynchus brennickoli</i> J (Sa, Au)	P%			0.88				1.8	1.6			
	A			0.01				0.02	0.08			
	T			1				1	10			
<i>Pseudoleptorhynchoides lamothei</i> 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		
<i>Southwellina hispida</i> L (Al, G)	P%									19.1			
	A									2.39			
	T									289			
Nematoda													
<i>Capillaria</i> 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			
<i>Contracaecum multipapilatum</i> 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													
<i>Ergasilus lizae</i> 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	
<i>Bomolochus</i> sp. (M, Au) G	P%	2.13					2.13						
	A	0.02					0.02						
	T	2					1						
Brachyura													
<i>Argulus</i> 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												

Nota: 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.

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 (Luque y Poulin 2007, Violante-González *et al.* 2007, Carpio 2020). No obstante, los 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 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 *et al.* 2004). De acuerdo con Falkenberg *et al.* (2022), de las 25 especies de copépodos reportadas para *M. curema*, 13 corresponden al género *Ergasilus*. No obstante que sólo 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 (r_s), 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 3); las asociaciones más intensas, se registraron con las abundancias de las especies *E. lizae* y *C. multipapilatum* ($r_s > 0.300$). 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 3). En cuanto a los factores de condición, solo el de Fulton (FC), fue correlacionado negativamente 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:

$F_{1,971} = 46.47$). 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 3. Valores del coeficiente de correlación (r_s) entre la talla, peso y factores de condición (kn , FC), con la abundancia de especies de parásitos en *Mugil 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

Nota: 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, es considerado 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 (Sasal *et al.* 1997, Morand *et al.* 2000, Luque y Poulin 2008).

Sin embargo, la correlación negativa registrada en el caso de *S. hispida* y la débil, aunque no significativa con *S. lamothei* (Tabla 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 (Iyaji *et al.* 2009, Carpio 2020). En los casos del acantocéfalo *S. hispidus* y el digeneo *S. lamothei*, estos fueron más abundantes en lisas juveniles (<10 cm); por lo que diferencias en la dieta de juveniles y pre-adultos, pueden explicar la reducción en las abundancias de estas especies de parásitos, en las lisas de mayor tamaño.

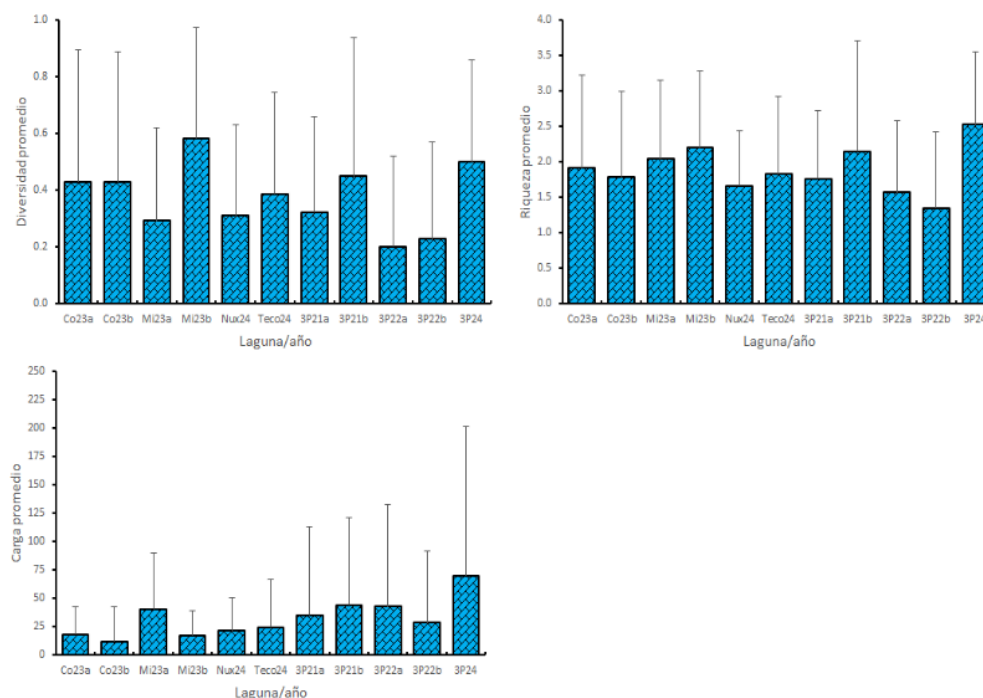
Debido a que los parásitos son considerados patógenos para el hospedero, se espera generalmente encontrar una correlación negativa entre el factor de condición y la abundancia o la prevalencia de las especies de parásitos (Moreira *et al.* 2010, Guidelli *et al.* 2011). En este sentido, las correlaciones 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 (Moreira *et al.* 2010, Guidelli *et al.* 2011). 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 digeneo infecta principalmente el corazón de las lisas (Carnevia *et al.* 2005, Violante-González *et al.* 2007, Portes-Santos *et al.* 2013), 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 (Fig. 1). La diversidad promedio fue más alta durante el segundo muestreo efectuado en la laguna de Mitla (MLG: $F_{10, 971} = 7.84, p < 0.01$), mientras que la riqueza de especies (MLG:

$F_{10, 971} = 8.21, p < 0.01$) y la carga promedio de parásitos por hospedero infectado (MLG: $F_{10, 971} = 5.50, p < 0.01$), fueron significativamente más altas, entre las lisas del último muestreo efectuado en la laguna de Tres Palos (2024, gráfica 1).

Gráfica 1. Parámetros de las infracomunidades de parásitos ($\pm$ desviación estándar) de *Mugil curema*, en cinco lagunas costeras



Nota: Co = Coyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Tec = Tecamate, 3P = Tres Palos. Fuente: elaboración propia.

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 con un bajo número de parásitos (12.1 a 70, Fig. 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) registraron 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 registraron un mayor número de correlaciones (7 negativas y 2 positivas), entre los factores de condición y la carga de parásitos (Tabla 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 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 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 que presentaron 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 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* presentaron los valores más altos del índice de infracomunidad ($ICI \geq 0.25$). 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 5).

A excepción del copépodo *E. lizae*, el cual es considerado como un parásito especialista de mugílidos (Lira 1997, Fajer-Avila *et al.* 2006), 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.

Tabla 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

Laguna/año	Factor	Parámetros de infracomunidad			
		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

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

Tabla 5. Valores del índice de infracomunidad (ICI), para los parásitos de *M. curema* de cinco lagunas del estado de Guerrero

Parásitos	o 23	o 24	i 23	i 24	ux 24	eco 24	P 2021a	P 2021b	P 2022 a	P 2022b	P 24
Digenea											
<i>Ascocotyle</i> (<i>Phagicola</i>) <i>longa</i> L (Sa, Al) G	.227	.079	.333	.234	.391	.203	.360	.206	.396	.329	.257
<i>Austrodiplostomum</i> <i>compactum</i> L (D, Al) G	.011	.015	.081				.018	.003			.005
<i>Clinostomum</i> <i>tataxumui</i> L (D, Al) G			.004								
<i>Saccocoelioides</i> <i>lamothei</i> A (Sa, Au) G	.133	.035						.039	.032	.095	.029
<i>Forticulcita isabelae</i> (Sa, Au) E	.022										
Monogenea											
<i>Ligophorus</i> <i>mugilinus</i> A (M, Au) E		.158	.004	.006		.010	.009	.106	.128	.022	.124
Cestoda											
<i>Parvitaenia</i> <i>cochlearii</i> L (Sa, Al) G										.004	
Acanthocephala											
<i>Floridosentis mugilis</i> A (M, Au) E	.105	.015		.006	.154	.232	.036	.074		.015	.010
<i>Neoechinorhynchus</i> <i>brentnickoli</i> J (Sa, Au)			.004				.009	.006			
<i>Pseudoleptorhynchoi</i> <i>des lamothei</i> J (Sa, Au) E				.105			.018	.010			.048
<i>Southwellina hispida</i> L (Al, G)								.074			
Nematoda											
<i>Capillaria</i> sp. A (Sa, Au) G	.017			.018				.042	.118		
<i>Contracaecum</i> <i>multipapilatum</i> L (Sa, Al) G	.74	.247	.284	.281	.402	.271	.144	.109	.225	.135	.205
Copepoda											
<i>Ergasilus lizae</i> A (M, Au) E	.249	.267	.215	.252		.106	.270	.164		.165	.300

<i>Bomolochus</i> sp. (M, Au) G	.010			.010			
Brachyura							
<i>Argulus</i> sp. A (Sa, Au) G	.005	.012		.009	.003	.011	.011

Nota: 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 negrita indican la especie más importante en cada muestreo. Fuente: elaboración propia.

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 presentaron 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 cuatro 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

- 31 Alves Dr. 2014. Metazoan parasites of *Mugil curema* (Osteichthyes: Mugilidae) from the coastal Rio de Janeiro. Cad. UniFOA, 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. J. Appl. Ichthyol. 1–2.
- 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 región. Acta Parasitol. 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, MG e do rio Paraná, Porto Rico, PR. Ph.D. Thesis, Federal University of São Carlos, São Carlos, Brazil.

- 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. J. Parasitol. 83: 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, 129 p.
- Contreras-Espinosa F., Warner B.G. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. Hydrobiologia 511: 233–245.
- Fajer-Avila E.J., García-Vásquez A., Plascencia-González H., Ríos-Sicairos J., García-de-la-Parra I.M. y Betancourt-Lozano M. 2006. Copepods and larvae of nematodes parasiting the White mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of antropogenic impacts in tropical coastal lagoons? Environ. Monit. Asses. 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. An. Acad. Bras. Cienc. 94: e20200496.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. J. Appl. Ichthyol. 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., Pavanelli G.C. 2011. Relative condition factor and parasitism in anostomid fishes from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. Vet. Parasitol. 177: 145–151.
- Ibáñez A.L. y Colin A. 2014. Reproductive biology of *Mugil curema* and *Mugil cephalus* from western Gulf of Mexico Waters. Bull. Mar. Sci. 90: 941–952.
- Iyaji F.O., Etim L. y Eyo J.E. 2009. Parasite Assemblages in Fish Hosts. Bio-Research, 7: 561–570.

- Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition perch *Perca fluviatilis*. J. Anim. Ecol. 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, Facultad de Ciencias, UNAM. 125 p.
- 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. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 15: 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. J. Fish Biol. 72: 189–204.
- Maceda-Veiga A., Green A.J., 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. Fresh Biol. 2014; 59: 1145–1160.
- Minaya D., Iannacone J., Alvaríño L. y Cepeda C. 2021. Metazoan parasites of White mullet *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Periformes, Mugilidae) from the wetlands of Pantaños de Villa, Lima, Peru. Pan-Am. J. Aquat. Sci, 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. Iran. J. Ichthyol. 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. Exp. Parasitol. 240: 108335.
- 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., 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 Sci. Biol. Sci.* 32: 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: 289.
- Portes-Santos C., Lopes K.C., da Silva-Costa V., dos Santos E.G. 2013. Fish-borne trematodosis: potential risk of infection by *Ascocotyle (Phagicola) longa* (Heterophyidae). *Vet. Parasitol.* 193: 302–306.
- Salgado-Cruz L., Quiñonez-Velázquez C., García-Domínguez F.A., Pérez-Quinonez C.I. y Aguilar-Camacho V. 2021. Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 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. *Comp. Parasitol.* 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. *J. Parasit. Dis.* 45: 1065–1070.
- Santos-Gueretz J., Moura A.B. y Martins M.L. 2022. Parasitic fauna of *Mugil curema* in a estuarine ecosystem in the northern coast of the Santa Catarina State, Brazil. *Arch. Vet. Sci.* 1–6.
- Sasal P., Morand S. y Guégan J.F. 1997. Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 61–71.
- Tavares-Dias M., Martins M.L., Moraes F.R., Kronka S.N. 2000. Condition factor, hepatosomatic and splenosomatic relation of freshwater fishes naturally parasitized. *Acta Sci.* 22: 533–537.
- Tavares-Dias M., y Neves L.R. 2017. Diversity of parasites in wild *Astronotus ocellatus* (Perciformes, Cichlidae), an ornamental and food fish in Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 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. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 85: 357–367.
- Villerías-Salinas S., Violante-González J., García-Castro N. y Alonzo-Guzmán L. 2016. Environmental Deterioration of the Tecamate Coastal Lagoon, in the Guerrero State, Mexico. *IJG*. 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. *Parasitol. Res.* 102: 151–161.
- Zander C.D. 2004. Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the southwestern Baltic. II. Infracommunity. *Parasitol. Res.* 93: 17–29.

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

Erick Rodríguez Ibarra¹

Yesenia Gallegos Navarro²

Princessa Jhossabeth Villalba Vásquez³

Juan Violante González⁴

Griselda Pulido Flores⁵

Resumen

La familia ¹² 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 *M. curema*; estas especies se han registrado como hospederos de parásitos metazoarios (helminths, 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 parásitos 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

¹ Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de ecología Marina, 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 adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. <https://orcid.org/0009-0009-9366-6162>

³ Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8027-608X>

⁴ Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito al Laboratorio de Ecología Acuática, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6291-8763>

⁵ Doctora en Ecología y Desarrollo Sustentable. Profesora-investigadora adscrita al Laboratorio de Morfología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0454-8466>

sistemático de estos organismos. El listado incluye 44 taxa (100%): Platyhelminthes 25 especies, (57%); Arthropoda 9, (21%); Nematoda 4 especies, (11%); Acanthocephala tres 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, Estado de Guerrero 12 especies, Sinaloa 7, 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; Poulin y Morand 2005; Grano-Maldonado y Pérez-Ponce de León 2023), 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 son consideradas de relevancia zoonótica, dado 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, 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 (Vasconcelos *et al.* 1996; Fajer-Avila *et al.* 2006; Salgado-Cruz *et al.* 2021).

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 desde Cabo Cod, Massachusetts, Estados Unidos hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México (Castro-Aguirre, 1978 y 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 (Menezes, 1983, 1985; Lowe-McConnell, 1999; Alves, 2014).

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 valiosa información sobre el estrés ambiental, así como la estructura y el funcionamiento de las redes tróficas (Marcogliese 2001, 2005; Santos-Bustos, 2020). 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 30s, 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, 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 (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 ⁶ *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 1). El listado para cada phyla 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.

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema* para las costas mexicanas

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
Phylum Cnidaria				
Clase Myxozoa				
Familia				
Sphaerosporidae				
<i>Sphaerospora</i> sp.	GenBank-DQ377695	Pared de la vesícula biliar	Bahía de Chetumal, Chetumal, Quintana Roo	Fiala 2006 Falkenberg <i>et al.</i> 2022
Phylum				
Platyhelminthes				
Clase Trematoda				
Familia				
Diplostomidae				
Subfamilia				
Diplostominae				
<i>Austrodiplostomum compactum</i> (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 <i>et al.</i> 2007
	CNHE-5012		Laguna de Tres Palos (16°48' N, 99°47' O), Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2007

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios parásitos de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
-------	-----------------------	--------------------	-----------	------------

			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2015 Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015
<i>Diplostomum</i> sp.		Ojos, aletas, cavidad branquial, mesenterio, músculo	Laguna de la Mancha, Veracruz	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 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 <i>et al.</i> 2007
Familia				
Clinostomidae				
Subfamilia				
Clinostominae				
<i>Clinostomum complanatum</i> (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 <i>et al.</i> 2007
			Laguna de Coyuca (16°57' N; 100°02' O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo 2007

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios parásitos de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
			Laguna de Tres Palos, Laguna de	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007

			Coyuca, Guerrero; Laguna de la Mancha, Veracruz Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2015 Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015
Subfamilia				
Crassiphialinae				
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (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 <i>et al.</i> 2007
Familia				
Haploporidae				
Subfamilia				
Haploporinae				
<i>Dicrogaster</i> sp.	CNHE-3041	Intestino, hígado, superficie corporal	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero 1997
	CNHE-3040			Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
			Laguna del Rosario, Tabasco	López-Jiménez 2001
			Bahía de Chamela, Jalisco	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios parásitos de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
			Laguna de Tampamachoco	Fuentes-Olivares <i>et al.</i> 2024

			(20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O), Tuxpan, Veracruz	
Familia				
Bunocotyidae				
Subfamilia				
Bunocotylinae				
<i>Parasaturnius maurepasi</i> (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
Subfamilia				
Waretrematinae				
<i>Saccocoelioides beauforti</i> (Hunter y Thomas, 1961) Overstreet, 1971		Intestino	Laguna del Rosario, Tabasco	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007
Familia				
Haplospilichnidae				
Subfamilia				
Haplospilichninae				
<i>Haplospilichnus vinodae</i> Ahmad, 1985		Intestino, estómago	Playa de Salinas de Careyes, San Nicolás, Jalisco	Báez-Valé 1997 Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007
Subfamilia				
Schikhobalotrematinae				
<i>Schikhobalotrema robustum</i> Pritchard y Manter, 1961	CNHE-1258	Intestino	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Méndez-Villagrán 1993

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios parásitos de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
-------	-----------------------	--------------------	-----------	------------

		Laguna de la Mancha, Veracruz	Nieto-Pérez 1998
			Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007
Familia			
Monorchidae			
Subfamilia			
Hurleytreminae			
<i>Hurleytrema</i> sp.	No reportado	Golfo de México, México	Paperna y Overstreet 1981 Falkenberg <i>et al.</i> 2022
Familia			
Cryptogonimidae			
<i>Pseudoacanthostomum panamense</i> 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 <i>et al.</i> 2015 Violante-González <i>et al.</i> 2015
Familia			
Heterophyidae			
Heterophyidae gen. sp. (metacercarias)	Ojos, aletas, branquias, intestino, hígado, músculo, piel, mesenterio	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero 1997

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios parásitos de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
-------	-----------------------	--------------------	-----------	------------

	CNHE-3042 a 3045			Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999 Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007
<i>Ascocotyle (Phagicola) longa</i> 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 CNHE- 4901		Laguna de Tres Palos, Guerrero	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 2007 Violante-González <i>et al.</i> 2007 Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015
<i>Ascocotyle (Phagicola) longa</i> (metacercaria)		Corazón, músculo, mesenterio, hígado	Bahía de Chamela, Jalisco	Scholz <i>et al.</i> 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 <i>et al.</i> 2001

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios parásitos de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2015
<i>Ascocotyle</i> sp.		Branquias, corazón, riñones, hígado,	Laguna de la Mancha, Veracruz	Nieto-Pérez 1998

	mesenterio, músculo, bazo			
<i>Centrocestus formosanus</i> (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, Jalsico	Lira-Guerrero, 1997	
			Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999	
Familia				
Microcotylidae				
Subfamilia				
Metamicrocotylinae				
<i>Metamicrocotyla chamelense</i> Bravo-Hollis, 1983	Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Mendoza-Garfias 1996	
			Lira-Guerrero 1997	
			Mendoza-Garfias y	
			Pérez-Ponce de León	
			1998	
	CNHE-2811			

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
				Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
<i>Metamicrocotyla macracantha</i> (Alexander, 1954) Koratha, 1955		Branquias	Laguna de Tamihahua, Veracruz	Méndez 1993
	CNHE-2812	Branquias		Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
		Branquias	Estuario Urias, Mazatlan (23°10'–23°13' N y 106°20'–106°25' O); Mazatlán;	Fajer-Avila <i>et al.</i> 2006

			Estuario Teacapan (22°28'–22°45' N y 105°38'–105°46' O) Sinaloa	
<i>Metamicrocotyla pacifica</i> Bravo-Hollis, 1982	CNHE-1 (P); 2(P)	Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Bravo-Hollis 1981 Lamothe-Argumedo <i>et al.</i> , 1997 Lira-Guerrero 1997 Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León 1998 Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
	CNHE-2813, HWML-39535			

Subfamilia

Microcotylinae

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema*
para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
<i>Solostamenides pseudomugilis</i> (Hargis, 1957) Unnithan, 1971	CNHE-3193	Branquias	Bahía de Chamela (19°31' N y 105°04' O), Jalisco	Mendoza-Garfias y Pérez-Ponce de León 1998 Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
Familia Capsalidae				
<i>Benedenia</i> 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 <i>et al.</i> 2024
Familia				
Ancyrocephalidae				
<i>Ligophorus mugilinus</i> (Hargis, 1955) Euzet y Suriano, 1977		Branquias	Estuario Urias (23° 10'– 23° 13' N	Fajer-Avila <i>et al.</i> 2006

	y 106°20'–106°25' O), Mazatlan; Estuario Teacapan (22°28'–22°45' N y 105°38'–105°46' O), Sinaloa 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 <i>et al.</i> 2007
		Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
				Violante-González <i>et al.</i> 2015
<i>Ligophorus vandenedenii</i> (Parona y Perugia, 1890) Euzet y Suriano, 1977		Branquias	Bahía de Chamela, Jalisco	Lira-Guerrero 1997
	CNHE-3037, CNHE-3038			Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
Familia				
Dactylogyridae				
<i>Dactylogyrus</i> sp.		Branquias	Laguna de Tres Palos, Guerrero	Falkenberg <i>et al.</i> 2022
Phylum Nematoda				
Clase Chromadorea				
Familia Ascarididae				
<i>Anisakis</i> sp.		Hígado, riñón, músculo	*México	Reyes <i>et al.</i> 2020
SubFamilia				
Contracaecinae				

Contracaecum multipapillatum

(Drasche, 1882) Lucker, 1941

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

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema*
para las costas mexicanas (continuación)

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 <i>et al.</i> 2022
<i>Contracaecum</i> sp.		Intestino, mesenterio, hígado, músculo, riñones	Laguna de Coyuca (16°57' N; 100°02' O), Guerrero	Violante-González y Aguirre-Macedo 2007 Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015
			Laguna de Tres Palos, Laguna de Coyuca, Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2015
			*México	Reyes <i>et al.</i> 2020
<i>Contracaecum</i> 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), Mazatlan; Estuario Teacapan (22°28'–22°45' N y	Fajer-Avila <i>et al.</i> 2006

	105°38'–105°46'
	O) Sinaloa
CNHE-4910	Laguna de Tres Palos (16°48' N; 99°47' O), Guerrero
	Violante-González <i>et al.</i> 2007
	Laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O) Tuxpan, Veracruz
	Fuentes-Olivares <i>et al.</i> 2024

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
Familia Anisakidae				
Subfamilia				
Anisakinae				
<i>Pseudoterranova</i> sp.		Hígado, riñón, músculo	*México	Reyes <i>et al.</i> 2020
Phylum Arthropoda				
Clase Copepoda				
Familia				
Bomolochidae				
<i>Holobomolochus</i> 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 <i>et al.</i> 2006
Familia Ergasilidae				

<i>Ergasilus arthrosis</i> Roberts, 1969	Branquias	Laguna de Alvarado, Veracruz	Chávez-López <i>et al.</i> 1995 Jiménez-García y Suárez-Morales 2017
<i>Ergasilus</i> 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 <i>et al.</i> 2006

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema*
para las costas mexicanas (continuación)

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 Violante-González Tres Palos (16° 48' N; 99° 47' O), Guerrero	<i>et al.</i> 2007
				Violante-González <i>et al.</i> 2015
			Laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10" O) Tuxpan, Veracruz	Fuentes-Olivares <i>et al.</i> 2024
Familia Caligidae				
<i>Caligus</i> sp.		Superficie corporal, Branquias	Estuario Urias (23° 10'– 23° 13' N y 106° 20'–106° 25'	Fajer-Avila <i>et al.</i> 2006

			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.	Fuentes-Olivares <i>et al.</i> 2024
Familia Lernaeopodidae				

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de <i>Mugil curema</i> para las costas mexicanas (continuación)				
Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
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 <i>et al.</i> 2006
<i>Naobranchia lizae</i> Krøyer, 1863		Branquias	Costas del Océano Pacífico de México	Paperna y Overstreet 1981
Clase Ichthyostraca Familia Argulidae <i>Argulus</i> sp.		Piel, aletas	Laguna de Tres Palos, Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2007 Violante- González <i>et al.</i> 2015
Phylum Acanthocephala				

Clase
Eoacanthocephala
Familia
Neoechinorhynchidae

<i>Floridosentis elongata</i> Ward, 1953	Intestino	Baja California	Paperna y Overstreet 1981
		Mar Caribe	Amin 1998
<i>Floridosentis mugilis</i> (Machado Filho, 1951) Bullock, 1962	Intestino, ciego gástrico, mesenterio, hígado	Bahía de Chamela (19°31' N y 105°04'O), Jalisco	García-Varela 1996

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema*
para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
	CNHE-2868			Lira-Guerrero 1997 Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> 1999
	CNHE- 4919		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 <i>et al.</i> 2007
				Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015
			Laguna de Chautengo (16°36'–16°38' N; 99°09' O), Florencio Villarreal, Guerrero	Morales-Martínez <i>et al.</i> 2022
			Laguna de Tampamachoco (20° 58' 93" y 21° 02' 28" N, 97° 19' 99" y 97° 23' 10"	Fuentes-Olivares <i>et al.</i> 2024

<i>Floridosentis pacifica</i> Bravo-Hollis, 1969	CNHE-II-17- (P); CNHE-587 (P); CNHE-615 (P)	Intestino	O) Tuxpan, Veracruz Salina Cruz, Oaxaca	Bravo-Hollis 1969
			Área no especificada	Golvan y de Buron 1988

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema* para las costas mexicanas (continuación)

Taxón	Registro en colección	Sitio de infección	Localidad	Referencia
				Lamothe-Argumedo <i>et al.</i> 1997
	CNHE- 4919		Laguna de Tres Palos (16°48' N; 99°47' O), Guerrero	Violante-González <i>et al.</i> 2007
				Pulido-Flores <i>et al.</i> 2015
	GenBank-JQ436511		Bahía de Chamela (19°31'54" N, 105°4'49" O), Jalisco	Rosas-Valdez <i>et al.</i> 2012
	GenBank-JQ436514		Laguna Cuyutlán (19°2'17" N, 104°18'11" O), Colima	Rosas-Valdez <i>et al.</i> 2012
	GenBank-JQ436531		Laguna de Tres Palos (16°48'0" N, 99°47'0" O), Guerrero	Rosas-Valdez <i>et al.</i> 2012
	GenBank-JQ436505		Laguna Superior (16°19'48" N, 95°1'53.1" O), Oaxaca	Rosas-Valdez <i>et al.</i> 2012
			Laguna de Tres Palos (16°48' N;	Violante-González <i>et al.</i> 2015

99°47' O), Laguna
de Coyuca (16°57'
N; 100°02' O),
Guerrero

Phylum Annelida
Clase Clitellata
Familia Piscicolidae

Tabla 1. Registro de parásitos metazoarios de *Mugil curema*
para las costas mexicanas (continuación)

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

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

Museos y bases de datos: BMNH-Museo de Historia Natural, Londres, Reino Unido; CNHE-Colección Nacional de Helminthos, Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México, México; CHCM-Colección Helminológica del Laboratorio de Parasitología, CINVESTAV-IPN Mérida, Yucatán, México; HWML Harold Winter Manter Laboratory, Universidad de Nebraska, Lincoln, Nebraska, Estados Unidos; IPCAS-Colección helmintológica del Instituto de Parasitología de la Academia de Ciencias de la República Checa, České Budějovice; USNPC-Colección Nacional de Parásitos de Estados Unidos, 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 (Figura 1).

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;

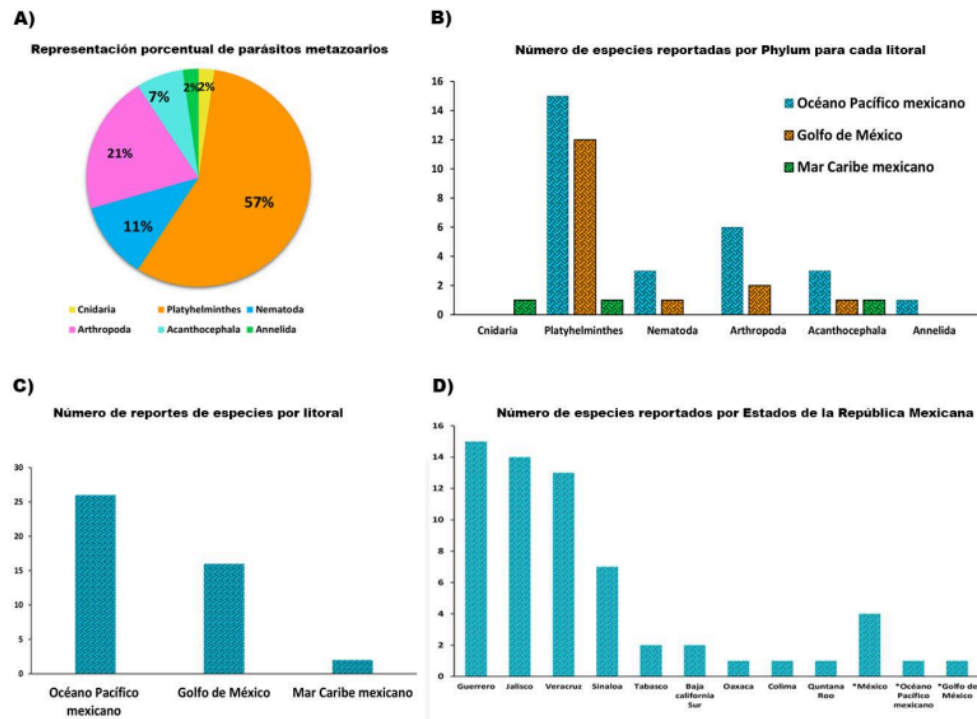
Golfo de México 12 registros, 7 a nivel especie, 4 a nivel género y 1 a nivel familia; mar Caribe mexicano 1 registro a nivel especie. Arthropoda con 9 especies (tentativamente) reportadas para litoral mexicano, Océano Pacífico 6 registros, 1 nivel especie, 4 nivel género y 1 nivel familia; Golfo de México 3 registros, 1 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 con 4 especies registradas reportadas (Océano Pacífico 2 registros, 1 nivel especie, 1 nivel género); Golfo de México 2 registro 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 1; Figura 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, **Estado de 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* (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.* 2007; Pulido-Flores *et al.* 2015; Violante-González *et al.* 2015), *Pseudoacanthostomum panamense* Caballero y Caballero, Bravo-Hollis y Grocott, 1953 para la Laguna de Coyuca (Violante-González y Aguirre-Macedo 2007; Pulido-Flores *et al.* 2015, Violante-González *et al.* 2015), *Argulus* sp., *Dactylogyrus* sp., *F. pacifica* para la Laguna de Tres Palos (Violante-González *et al.* 2007; Rosas-Valdez *et al.* 2012; Violante-González *et al.* 2015; Falkenberg *et al.* 2022); *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 vandenendenii* (Parona y Perugia, 1890) Euzet y Suriano, 1977, (Plathelminthes), *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, *Haplosporidium* *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., Lernaepodidae gen. sp., para Estuario Urias, Mazatlan; 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, *Schikobolotrema 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 Tampamachoco, 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); así

mismo, sólo 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 (Andrade-Gómez y Pérez-Ponce de León 2024); **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 1; Gráfica 1).

Gráfica 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.

Parásitos con potencial zoonótico 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 (Lira-Guerrero 1997; Nieto-Pérez 1998; Scholz *et al.* 2001; Fajer-Avila *et al.* 2006; Báez-Valé 1997; Carnevia *et al.* 2005; Pérez-Ponce de León *et al.* 2007; Violante-González y Aguirre-Macedo 2007; Violante-González *et al.* 2007; Violante-González *et al.* 2015; Reyes *et al.* 2020; Martínez *et al.* 2022; Fuentes-Olivares *et al.* 2024) (Tabla 1). De manera general, todas las especies de peces deben ser consideradas como fuentes potenciales de parásitos zoonóticos (Céspedes 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. (Ignjatovic *et al.* 2003; Nagasawa 2012; Agrawal *et al.* 2014; Eberhard y Ruiz-Tiben 2014), *Anisakis* spp., *Pseudoterranova* spp. y *Gnathostoma* spp., con distribución mundial (Lamothe Argumedo 2006; Herman *et al.* 2009; Nawa *et al.* 2010; Arizono *et al.* 2011; Gómez del Prado-Rosas *et al.* 2017).

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	Hábitat: cerebro, ojos, aletas,
Myxozoa Grassé, 1970	branquias, gónadas, mesenterio, músculo,
Sphaerosporidae Davis, 1917	vejiga natatoria.
<i>Sphaerospora</i> sp.	Referencia: Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> (2007); Violante-González y Aguirre-Macedo (2007); Violante-González <i>et al.</i> (2007); Pulido-Flores <i>et al.</i> (2015); Violante-González <i>et al.</i> (2015).
Hábitat: pared de la vesícula biliar	Ref. col.: CNHE-5012
Referencia: Fiala (2006); Falkenberg <i>et al.</i> (2022)	Localidad: Laguna de Coyuca (16°57' N; 100°02' O), Laguna de Tres Palos (16°48' N; 99°47' O), Guerrero.
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	<i>Diplostomum</i> sp.
Diplostomidae Poirier, 1886	Hábitat: ojos, aletas, cavidad
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	branquial, mesenterio, músculo.
(Lutz, 1928) Dubois, 1970	

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

11

Posthodiplostomum minimum

(MacCallum, 1921) Dubois, 1936

Hábitat: cavidad corporal, cerebro, ojos, aletas, branquias, gónadas, riñones, hígado, mesenterio, músculo, opérculo

Referencia: Pérez-Ponce de León *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

Haplospilachnidae Poche, 1926

Haplospilachnus 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

Monorchidae Odhner, 1911

Hurleytrema sp.

Hábitat:

Referencia: Paperna y Overstreet
(1981); Falkenberg *et al.* (2022).

Localidad: Golfo de México, México

Cryptogonimidae Ward, 1917

Pseudoacanthostomum panamense
Caballero y Caballero, Bravo-Hollis &
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 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

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* fueron obtenidos 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* fueron obtenidos 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), Mazatlan; 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* fueron obtenidos 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, 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, 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°2'17" N, 104°18'11" O), Colima; Laguna Superior (16°19'48" N, 95°1'53.1" O), Salina Cruz, Oaxaca.

Phylum Annelida Lamarck, 1802

Clase Clitellata Michaelsen, 1919

Ref. col.: CNHE-3049 a 3051

Piscicolidae Johnston, 1865

Localidad: Bahía de Chamela

Myzobdella lugubris Leidy, 1851

(19°31'54" N, 105°4'49" O), Jalisco.

Hábitat: branquias, boca

Referencia: Lira-Guerrero (1997);

Pérez-Ponce de León *et al.* (1999).

Bibliografías

Agrawal, R., Kumar, P., Mishra, P., Gupta, R., y Premi, H. (2014). *Diocotophyma renale*: a chance finding on bladder catheterisation of a pregnant female. Indian J. Med. Case Rep. 3, 70-72.

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

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

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. Syst. Parasitol. 101(16), 1-13.

Arizono, N., Miura, T., Yamada, M., Tegoshi, T., y Onishi, K. (2011). Human infection with *Pseudoterranova azarasi* roundworm. Emerg. Infect. Dis. 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. Doctoral dissertation, BS Thesis, Facultad de Ciencias, 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 Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. 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 Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, 8, 305-314.

- Bravo-Hollis, M. (1983). Helminths of fishes of the Pacific Mexican. XL. Description of a new species of the genus *Metamicrocotyla* Yamaguti, 1953 (Monogenea: Microcotylidae). *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. 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?. *Proc. R. Soc. London, Ser. B, Biol. Sci.*, 287, 20201841. <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. *Vet. (Montevideo)*, 40(159-160), 19-23.
- Castro-Aguirre, J. L. (1978). Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Instituto Nacional de Pesca, Ser. Cient. 19, 1-298.
- Céspedes R., Iannaccone, J. y Salas A. 2011. Helminths parasites of *Dosidicus gigas* "Pota" eviscerated in Arequipa, Peru. *Ecol. Apl.*, 10, 1-2: 1-11. <doi.org/10.21704/rea.v10i1-2.408>
- Chai, J. Y., Murrell, K. D., y Lymbery, A. J. (2005). Fish-borne parasitic zoonoses: Status and issues. *Int. J. Parasit.* 35, 1233–1254. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.07.013>
- Chávez-López, R., González, S., y Franco-López, J. (1995). *Ergasilus arthrosis* copépodo parásito de la lebrancha *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae). *Rev. Zool. (Iztacala)*, 7, 6-13.
- 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. Doctoral dissertation, Tesis. ENEP-Iztacala, UNAM, México.
- Costello, M. J. (2016). Parasite rates of discovery, global species richness and host specificity. *Integr. Comp. Biol.* 56, 588–599.
- 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), 11482-11489. <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. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 90(2), 315.

- Eiras, J. C., Pavanelli, G. C., Takemoto, R. M., y Nawa, Y. (2018). Fish-borne nematodiasis in South America: neglected emerging diseases. *J. Helminthol.* 92(6), 649–654. doi:10.1017/S0022149X17001006
- 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?. *Environ. Monit. Assess.* 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. *An. Acad. Bras. de Ciênc.* 94(1), e20200496.
- Fiala, I. (2006). The phylogeny of Myxosporea (Myxozoa) based on small subunit ribosomal RNA gene analysis. *Int. J. Parasitol.* 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. *Sci.* 385(6711), 824-825.
- Fuentes-Olivares, M., Rodríguez -Santiago, M. A., Garcés-García, K. C., Ávila Torres, E. (2024). Community of metazoan parasites in a commercial fish *Mugil curema* Cuvier and Valenciennes, 1836 in Tuxpan, Veracruz México. *J. Adv. Res.* 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. *Rev. Mex. de Biodiv.* 67(2), 123-134.
- Golvan, Y. J., y de Buron, I. (1988). Les hôtes des Acanthocéphales. II-Les hôtes définitifs. 1. Poissons. *Ann. Parasitol. Hum. et Comparée*, 63(5), 349-375.
- Gómez del Prado-Rosas, M.D.C., Lozano-Cobo, H., Alvarino, L., y Iannaccone, J. (2017). Comparación de la biodiversidad parasitaria de *Paralabrax clathratus* (girard, 1854) y *P. humeralis* (valenciennes, 1828) (pisces: serranidae) del Pacífico oriental, 11, 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. *CIMAR, UAS*, 1(1), 59-85.
- Herman, J. S., y Chiodini, P. L. (2009). Gnathostomiasis, another emerging imported disease. *Clin. Microbiol. Rev.* 22, 484-492.

- Hugot, J. P., Baujard, P., y Morand, S. (2001). Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: An overview. *Nematol.* 3, 199-208.
- Ignjatovic, I., Stojkovic, I., Kutlesic, C., y Tasic, S. (2003). Infestation of the human kidney with *Diectophyma renale*. *Urol. Int.* 70, 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. *Syst. Parasitol.* 94(1), 81-90.
- Lamothe-Argumedo, R. (2006). Gnatostomiasis ocular humana. Casos registrados en todo el mundo entre 19 y 20. *RMO.* 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, México, D.F., 211 pp.
- Lira-Guerrero, G. (1997). Fauna helmintológica de dos especies de mugilídeos (Pisces: Mugilidae) de la Bahía de Chamela, Jalisco, México. Diss. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 96 pp.
- López-Jiménez, S. (2001). Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del estado de Tabasco. *Gaceta Regional Sigolfo*, 8-10.
- Lowe-McConnell, R. H. (1999). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Editora Universidad de São Paulo. pp. 534-534.
- 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. *Int. J. Parasitol.* 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. *Exp. Parasitol.* 240, 108335.
- 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, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.
- Mendoza-Garfias, B., y Pérez-Ponce de León, G. (1998). Microcotílicos (Monogenea: Microcotylidae) parásitos de peces marinos de la Bahía de Chamela, Jalisco, México. *Anales Ins. Biol. Ser. Zool.* 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). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Menezes, N. A. (1983). Guia prático para conhecimento e identificação de *Tainhas e Paratis* (Pisces, Mugilidae) do litoral Brasileiro. *Rev. Bras. Zool.* 2(1), 1-12.
- Menezes, N. A., y Figueiredo, J. L. (1985). Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. (Vol. 4). São Paulo: Editora Universidad 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. *Exp. Parasitol.* 240, 108335.
- Nagasawa, K. (2012). The biology of *Contracaecum osculatum* sensu lato and *C. osculatum* (Nematoda: Anisakidae) in Japanese waters: a review. *Biosph. Sci.* 51, 61-69.
- Nawa, Y., Katchanov, J., Yoshikawa, M., Rojekittikhun, P., Decumyoy, P., Kusolusuk, T., y Watanakulpanich, D. (2010). Ocular gnathostomiasis: a comprehensive review. *J. Trop. Med. Parasitol.* 33, 77-86.
- Nieto-Pérez M. V. (1998). Fauna helmintológica de la lebrancha *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) en la Laguna de La Mancha, Municipio de Actopan, Veracruz, México. B. S. Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Jalapa, Veracruz, México, 60 pp
- Paperna, I. y Overstreet, R. M., (1981). Parasites and Diseases of *Mulletts* (Mugilidae). Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology, 579. <http://digitalcommons.unl.edu/parasitologyfacpubs/579>.

- Pérez-Ponce D. L. 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. Universidad Nacional Autónoma de México, 9, 1-51
- Pérez-Ponce D. L.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. (2005). Parasite biodivers. Smithsonian Institution Press.
- Poulin, R., y Morand, S. (2000). The diversity of parasites. QRB. 75(3), 277-293.
- 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, de la R., L., Zepeda-Velázquez, A.P. 2020. Species of Anisakidae nematodes and *Clinostomum* spp. infecting *Mugil curema* (Mugilidae) intended for human consumption in Mexico. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 29, e017819.
- 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. J. Parasitol. 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. RBMO. 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 Inst. Biol. UNAM, Serie Zoología, Vol. 38-75 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, 3-6 pp
- Scholz, T. (1999). Taxonomic study of *Ascocotyle* (*Phagicola*) *longa* Ransom, 1920 (Digenea: Heterophyidae) and related taxa. Syst. Parasitol. 43(2), 147-158.

- 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, J. Nat. Hist. 35:12, 1733-1772, DOI: 10.1080/00222930152667087
- 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 subjected to different culinary treatments in La Paz, Baja California Sur, Mexico. Comp. Parasitol. 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. (Tomo 2, pp. 581-594).
- 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. Parasitol. Res., 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.
- Violante-González, J., y Aguirre-Macedo, M. L. (2007). Metazoan parasites of fishes from Coyuca Lagoon, Guerrero, Mexico. Zootaxa, 1531(1), 39.
- Yáñez-Arancibia, A. (1976). Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes en áreas naturales de crianza, México. Alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Universidad Nacional Autónoma de México, 3, 211-213.
- Ziarati, M., Zorriehzahra, M. J., Hassantabar, F., Mehrabi, Z., Dhawan, M., Sharun, K., Emran T.

Sobre los autores

Coordinadores

Santamaría Miranda, Apolinar

Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora Titular C, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Profesor titular de Investigación C desde 1999 a la fecha en el Departamento de Acuicultura, Licenciatura en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero, México. Maestría en Ciencias en manejo de Recursos Marinos EN CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. México. Doctora en Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Estancia académica en la Universidad de Auburn Alabama USA. 2016-2017 Estancia académica en la Universidad de Florida USA. 2020-2021. Jefe del Departamento de Análisis de Impacto Ambiental, departamento de Ecología, Municipio de Acapulco 1992-1994. Jefe del Departamento de Acuicultura en 2005 y 2012. Miembro del Sistema Nacional de Investigación Nivel 1. Miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores, Dirección de 31 proyectos de investigación, 22 internos SIP-IPN, 3 externos, CONACYT, 6 con recursos estatales; 25 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: Nacionales 40 presentaciones orales 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 asistencia 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>

ID'Scopus: [6507903146](https://orcid.org/0000-0001-8335-1460)

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, CIIDIR Unidad Sinaloa, 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: Nacionales 10 presentaciones orales, 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>

ID'Scopus: [8557066500](https://orcid.org/0000-0001-9006-8882)

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Juan-Pablo-Molina>

Violante González, Juan

Doctor en Ciencias Marinas por el CINVESTAV Mérida, Profesor titular de Investigación en la Facultad de Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero). Obtuvo la Maestría en Acuicultura (Universidad de Colima). Licenciado en Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero). Perfil Deseable PROMEP, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras "Nivel II" (SECIHTI). Coordinador del CA 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 mas 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). 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, Universidad Autónoma de Guerrero).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7725-8128>

Google

Scholar:

https://scholar.google.com/citations?hl=es&view_op=list_works&gmla=ANZ5fUNymxiFCftzkvD3xk2A1Dit4VPFbm5f4mbIkEUJaWYGMMyA804Od1SMq_3sSsJKSODOOe4zpmcar0D6pofjHkd5Spf8UXHgrRymIpTGRA4k&user=SLAPU3gAAAAJ

Díaz Gallegos, Aldo

Maestro en recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero). Obtuvo la licenciatura en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero). Actualmente es Doctorante en el Centro de Ciencias de Desarrollo Regional (Universidad Autónoma de Guerrero).

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>

ID'Scopus: [57194554348](https://orcid.org/0000-0001-9970-1736)

Fierro Coronado, Jesús Arturo

Doctor en Ciencias Marinas y Costeras (Orientación en acuicultura) por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABSC). Obtuvo la maestría en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Sinaloa). Desde el 2006 es profesor-Investigador en el CIIDIR-IPN Sinaloa, en el departamento de Acuicultura.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9704-6288>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=HjifZ4YAAAAJ&hl=es>

Gallegos Navarro, Yesenia

Doctora en Ciencias Ambientales (Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero). Especialidad en Parasitología. Obtuvo la licenciatura en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero). Asistente de investigación y coordinadora de laboratorio desde el año 2023 en el Laboratorio de Ecología Acuática (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, México). Reconocimiento en el Padrón Estatal de Investigadores (COCITYEG). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras "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)-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 Riquelme

Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante de doctorado en Instituto Politécnico Nacional, México.

ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-9564-4326>

Montoya Mejia, Magnolia

Doctora en Biotecnología. Profesora-investigadora del Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Sinaloa Mexico, Sinaloa desde el año 2019-08-01 a fecha, adscrita al departamento de Acuacultura, línea de investigación con *Litopenaeus vannamei*, metagenomics, digestibilidad 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 Investigadores nivel 1. Profesora en la asignatura de Estadística, ha presentado 22 ponencias nacionales y 10 internacionales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3406-8308>

ID'Scopus: [56037895800](https://orcid.org/0000-0002-3406-8308)

Palacios Atempa, Flor Ariadna

Maestra en Recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero). Licenciada en Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7995-4269>

Payan Urias, Eileen

Es Licenciada en Biología con especialidad en Producción de Sistemas Acuícolas, egresada del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Durante su residencia profesional trabajo en la Bioquímica Sanguínea de Lisa (*Mugil cephalus*). Actualmente cursa la Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente en CIIDIR Unidad Sinaloa, dónde 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>

Google

Scholar:

https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=m5Ew6swAAAAJ&view_op=list_works&

ID*Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8959836500>

Quiterio Rendon, María Guadalupe

Doctora en Ciencias en Biodiversidad y Conservación (CIB-UAEH, Hidalgo). Especialidad en Parasitología. Obtuvo la Maestría en Ciencias de la Biodiversidad y Conservación (CIB-UAEH) Hidalgo. Actualmente 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, 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, Amado 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 Investigadores e Investigadoras “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>

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

Biólogo de Arauca, Colombia, egresado de la Universidad de Pamplona. Realicé mis estudios de maestría y doctorado en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México. También, realicé una estancia postdoctoral en este mismo instituto por medio de una beca dada en conjunto con la CONABIO. Mi trabajo principal es entender la regulación del reciclaje de nutrientes en la simbiosis Cnidaria-Symbiodiniaceae, he publicado cinco artículos relacionados con la síntesis, estímulo y regulación de la síntesis de glicerol en dinoflagelados de la familia Symbiodiniaceae. Ahora estoy realizando estudios sobre inmunología y redes metabólicas en cnidarios, análisis de comunidades microbianas, y he diversificado mis líneas de investigación en el estudio de microplásticos en ambientes acuáticos continentales. Docente de la Universidad de Pamplona desde el 2019 hasta el primer semestre del 2022, en donde dirigí y dirijo trabajos de grado de estudiantes de pregrado. También, laboré desde el 2022 al 2023 en la Universidad Santiago de Cali, Colombia, en donde tuve la oportunidad de seguir formando estudiantes de nivel universitario y de posgrado. Actualmente, soy docente de planta en la Universidad de Cartagena en donde laboro desde el año 2024, y sigo realizando investigación sobre cambio climático, contaminación ambiental y su efecto sobre la biodiversidad. Adscripción: 1. Docente en la Licenciatura en Educación con Énfasis en Ciencias Sociales y Ambientales, Facultad de Ciencias Sociales y Educación, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Centro, Carrera 6 No. 36-100. 2. BioMolGen (Biodiversity, Molecular and Genetic) foundation, Cartagena de Indias, Colombia. 3. Fundación para la Investigación en Inmunología, Farmacología y Toxicología (FIIFT), Cartagena de Indias, Colombia.

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 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 Vásquez, Princessa Jhossabeth

Doctora en Ciencias Ambientales (Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero). Obtuvo la Maestría en Recursos Naturales y Ecología (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero). Licenciada en Ecología Marina (Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero). Actualmente Posdoctorante en la Facultad de Ecología Marina, 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

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%
ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	ri.uagro.mx Internet	1415 palabras — 4%
2	tesis.ipn.mx Internet	232 palabras — 1%
3	docslib.org Internet	174 palabras — < 1%
4	www.mma.gob.cl Internet	142 palabras — < 1%
5	comunicacion-cientifica.com Internet	136 palabras — < 1%
6	digitalcommons.unl.edu Internet	134 palabras — < 1%
7	abanicoacademico.mx Internet	131 palabras — < 1%
8	www.scielo.org.pe Internet	119 palabras — < 1%
9	revistas.unfv.edu.pe Internet	111 palabras — < 1%

10	digi.usac.edu.gt Internet	109 palabras — < 1 %
11	kipdf.com Internet	109 palabras — < 1 %
12	repositoriodigital.ipn.mx Internet	109 palabras — < 1 %
13	vsip.info Internet	99 palabras — < 1 %
14	was.org Internet	90 palabras — < 1 %
15	pdffox.com Internet	84 palabras — < 1 %
16	creativecommons.org Internet	79 palabras — < 1 %
17	repositorio.udec.cl Internet	70 palabras — < 1 %
18	revistas.upeu.edu.pe Internet	66 palabras — < 1 %
19	www.lajornadamaya.mx Internet	59 palabras — < 1 %
20	www.repositoriodigital.ipn.mx Internet	57 palabras — < 1 %
21	digibug.ugr.es Internet	53 palabras — < 1 %
22	repositorio.unsa.edu.pe Internet	45 palabras — < 1 %

23	docplayer.es Internet	40 palabras — < 1 %
24	repositorio.unicach.mx Internet	40 palabras — < 1 %
25	biblio.uabcs.mx Internet	34 palabras — < 1 %
26	ri.uagro.mx:8081 Internet	33 palabras — < 1 %
27	pdfcookie.com Internet	23 palabras — < 1 %
28	repositorio.unheval.edu.pe Internet	21 palabras — < 1 %
29	link.springer.com Internet	18 palabras — < 1 %
30	www.researchgate.net Internet	18 palabras — < 1 %
31	www.scielo.br Internet	18 palabras — < 1 %
32	doczz.net Internet	17 palabras — < 1 %
33	revistabiociencias.uan.edu.mx Internet	17 palabras — < 1 %
34	AL Ibáñez, CW Chang, CC Hsu, CH Wang, Y lizuka, WN Tzeng. "Diversity of migratory environmental history of the mullets <i>Mugil cephalus</i> and <i>M. curema</i> in Mexican coastal waters as indicated by otolith Sr:Ca ratios", Ciencias Marinas, 2011	16 palabras — < 1 %

35	repositorio.espam.edu.ec	16 palabras — < 1 %
	Internet	

36	www.ibiologia.unam.mx	16 palabras — < 1 %
	Internet	

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 16 PALABRAS