

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 VASQUEZ⁴

ERICK RODRÍGUEZ IBARRA⁵

JONATAN CARBAJAL VIOLANTE⁶

GUADALUPE QUITERIO RENDON⁷

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

Resumen

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

¹ Doctor en Ciencias Marinas. Profesor-investigador adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6291-8763>; correo electrónico: viojuang@yahoo.com.mx

² Maestro en Recursos Naturales y Ecología. Estudiante de doctorado en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6853-7663>

³ Doctora en Ciencias Ambientales. Asistente de investigación en la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9366-6162>

⁴ Doctora en Ciencias Ambientales. Posdoctorante adscrita a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8027-608X>

⁵ Doctor en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Posdoctorante adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2930-8709>

⁶ Licenciado en Ecología Marina. Estudiante de maestría adscrito a la Universidad Autónoma de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7725-8128>

⁷ Doctora en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Profesional de proyecto adscrita al Comité de Sanidad Acuícola del estado de Guerrero, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2359-7589>

de las condiciones ambientales locales, en la estructuración de sus comunidades de parásitos. Se identificaron un total de 15 especies de parásitos: 5 alogénicas, las cuales utilizan aves como hospederos definitivos, y 10 autogénicas las cuales maduran en peces. Las especies alogénicas representaron el 87% del total de parásitos recuperados, destacando con ello la importancia de la lisa como hospedero intermediario de estos parásitos de ciclos de vida complejos. Las comunidades de parásitos fueron intensamente dominadas por el 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 las diferencias en su comportamiento alimenticio y tamaño corporal, ejercieron también un efecto importante sobre la estructura y la composición de las comunidades de parásitos de *M. curema*, en las 5 lagunas estudiadas.

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

Introducción

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

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

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

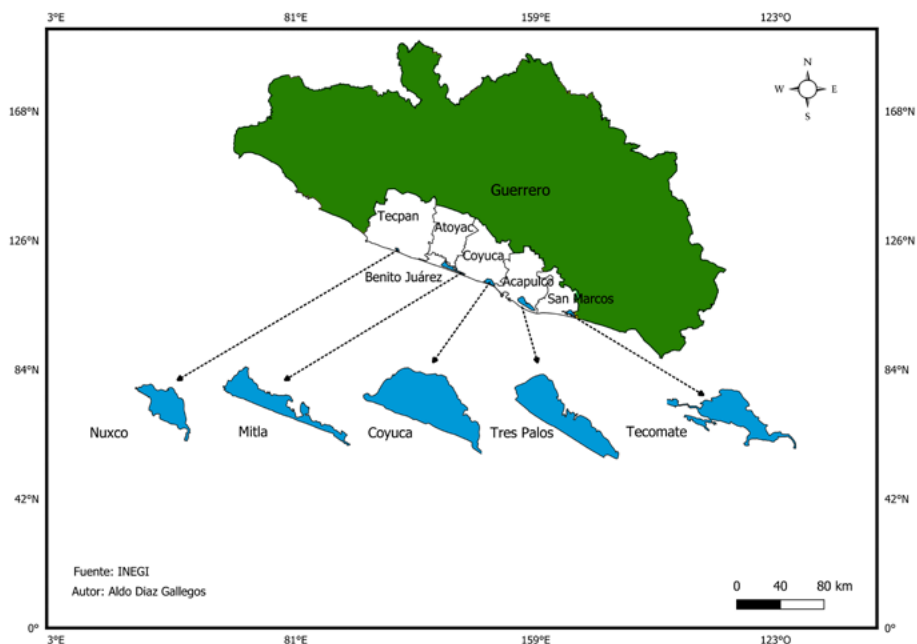
Los sistemas lagunares de las costas del Pacífico mexicano se caracterizan por un cierre temporal o permanente de su comunicación con el mar, como resultado de condiciones climáticas e hidrológicas extremas (De la Lanza et al., 2008. Escobedo, 2010), muchas veces intensificadas por fenómenos oceanográficos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

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

Localización del área de estudio

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

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



Fuente: elaboración propia.

Colecta y procesado de los peces

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

Procesamiento de los parásitos

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

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

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

Fuente: elaboración propia.

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

Clasificación de las especies de parásitos

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

Caracterización de las infecciones y las comunidades de parásitos

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

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

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

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

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

Análisis multivariados

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

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

Resultados y discusiones

Características de los hospederos

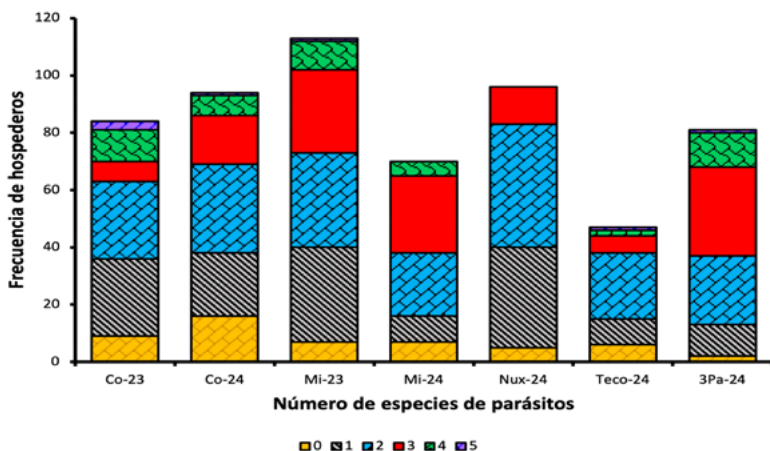
La longitud total promedio de los peces varió significativamente entre las cinco lagunas estudiadas de 21.2 ± 7.7 cm a 26.3 ± 2.2 cm (ANOVA: $F4, 584 = 15.27, p < 0.01$). Se registraron, además, diferencias entre la longitud total de machos y hembras (ANOVA $F1, 584 = 3.57, p < 0.01$), siendo las hembras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

Composición de la parasitofauna

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

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

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



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

Fuente: elaboración propia.

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

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

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>Ascoctyle (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)	95[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>Saccocoeloides lamathiei</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>Forficulicita isabelae</i> (Sa, Au) E	4.7(0.07)	[1-2]												
Monogenea														
<i>Ligophorus 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 cochleari</i> L (Sa, Al) G					1.43(0.01)	[0-1]								
Acanthocephala														
<i>Flaridosisis 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)	206[1-99]	2.47(0.02)	2[0-1]
<i>Neoecchinorhynchus bretnickol</i> J (Sa, Au)					0.88(0.01)	[0-1]								
<i>Pseudoleptorhynchoides lamathiei</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 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 lizae</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]								

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

Fuente: elaboración propia.

La parasitofauna de *M. curema* estuvo constituida por un total de 15 especies de parásitos: una de monogeneo, 5 de digéneos, 1 cestodo, 3 acantocéfalos, 2 nematodos y 3 crustáceos (2 copépodos y 1 braquiuro). De acuerdo con el sitio de infección, 4 especies se clasificaron como ectoparásitos y 11 como endoparásitos (tabla 7.2). Además cinco especies de endoparásitos se clasificaron como alogénicas, debido a que ellas maduran en aves ictiófagas que habitan en las lagunas costeras [*Ascocotyle (Phagicola) longa*, *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum tataxumui*, *Parvitaenia cochlearii* y *Contracaecum multipapilatum*]. Mientras que las 10 especies restantes se clasificaron como autógenicas, debido a que maduran en peces de diferente origen. El número total de endoparásitos fue mayor al de los ectoparásitos en todas las lagunas (tabla 7.3). Los grupos de endoparásitos mejor representados en *M. curema* fueron los 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 (Carpio, 2020; Luque y Poulin, 2007; Violante-González et al., 2007;). 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.

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 lamothiei*) infectando a *M. curema* en la mayoría de las lagunas estudiadas puede ser atribuida a la alta productividad que presentan estos sistemas estuarinos (Violante-González et al., 2007). Esto favorece el incremento de poblaciones de zooplancton y microcrustáceos-bentónicos, los cuales actúan como hospederos intermediarios de estos parásitos (Marcogliese, 1995; Violante-González et al., 2007). Esta alta productividad también puede explicar la alta prevalencia del copépodo *Ergasilus lizae*, el

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

Variación espacio y temporal de los niveles de infección

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

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

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 ex-

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

Estructura de las comunidades componente

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

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

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

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

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

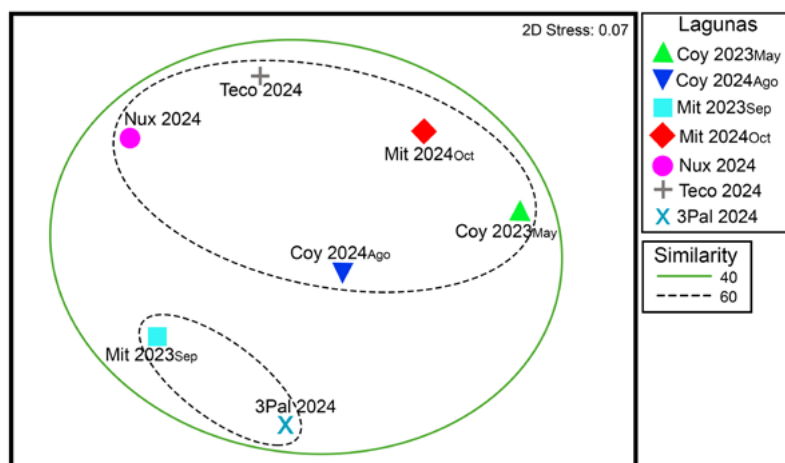
Notas: CV = coeficiente de variación, EBP = índice de Berger-Parker, 1D = exponencial del índice de Shannon-Wiener. O = oligohalina (< 6 ups), Pol = polihalina (> 10 ups). Long = longitud total, CV = coeficiente de variación, IBP = índice de Berger-Parker, 1D = exponencial del índice de Shannon-Wiener,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

Fuente: elaboración propia.

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

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

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



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

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

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

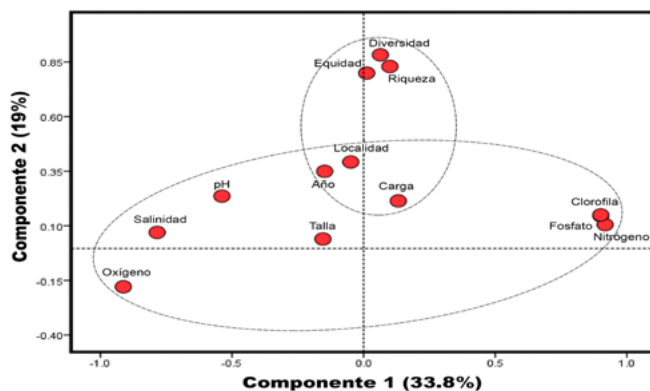
las características ambientales y biológicas de cada laguna, promueven diferencias en la composición, así como en los niveles de infección de sus especies de parásitos (Valtonen et al., 2001, Violante-González et al., 2010).

Influencia de los factores ambientales

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

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

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



Fuente: elaboración propia.

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

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

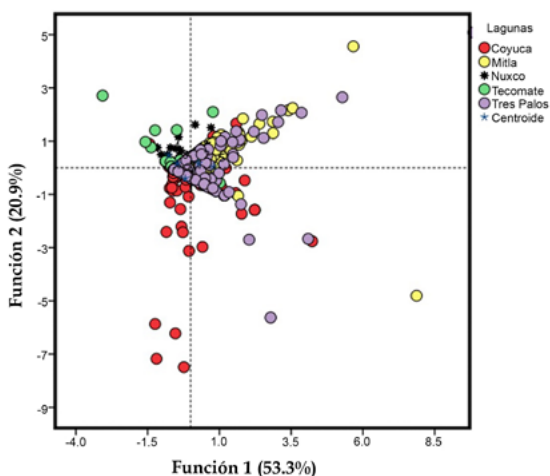
Diferencias en la composición de especies de parásitos entre las lagunas costeras

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

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

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

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



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

Fuente: elaboración propia.

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

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

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

Laguna	Coyuca	Mitla	Nuxco	Tecomate	3 Palos	%
Coyuca	67	5	87	2	17	37.6
Mitla	34	37	77	0	35	20.2
Nuxco	0	0	82	11	3	85.4
Tecomate	3	0	30	11	3	23.4
Tres Palos	19	5	17	0	40	49.4
Parásitos						
<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>Saccocoelelioides 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	

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

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

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

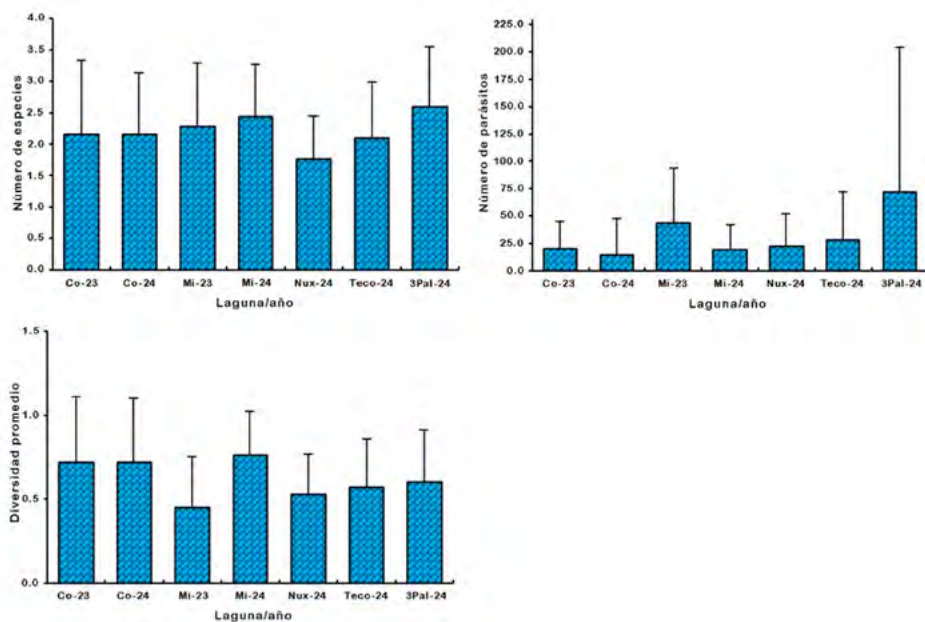
En la parte inferior de la tabla 7.4 se presenta la matriz de los coeficientes de clasificación de las especies de parásitos que permitieron establecer diferencias entre las lagunas: los asteriscos indican la importancia de cada especie de parásito para diferenciar grupos de peces.

Estructura de las infracomunidades

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

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

Gráfica 7.2. *Parámetros de las infracomunidades de parásitos ($\pm$ desviación estándar) de *M. curema* en cinco lagunas costeras*



Notas: Co = Cuyuca, Mi = Mitla, Nux = Nuxco, Teco = Tecomate, 3Pal = Tres Palos.

Fuente: elaboración propia.

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

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

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

Conclusiones

Los niveles de infección de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes (componentes) variaron entre las lagunas estudiadas debido a la influencia de sus condiciones ambientales. Las especies alogénicas, las cuales maduran en aves ictiófagas que habitan en las lagunas costeras, representaron el 87% del total de parásitos recuperados, destacando la importancia de la lisa como hospedero intermediario de estos parásitos, de ciclos de vida complejos. Los ejemplares de mayor tamaño de *M. curema* presentaron infracomunidades con un mayor número de especies y de parásitos, pero no una mayor diversidad, ya que fueron altamente dominadas por el 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. y De Oliveira, E. F. (2018). Host-parasite networks: An integrative overview with tropical examples. En W. Dáttilo V. Rico-Gray (Eds.), *Ecological Networks in the Tropics*. Springer.
- Bush, A. O., Laferty K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *The Journal Parasitology*, 83(4), 575-583.
- Carpio, D. I. (2020). *Dinámica de la comunidad de parásitos del cuatete Ariopsis guate-*

- malensis (Günther, 1864), en dos lagunas costeras del Estado de Guerrero, México [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Guerrero.
- Castillo-Elías, B., Gervacio-Jiménez, H., Bedolla-Solano, R., García-Domínguez, Y. B. y Mendoza-Almazán, E. (2017). Evaluación de la calidad del agua en el canal meándrico lagunar de Coyuca de Benítez, Gro. *Revista Ibero Ciencias*, 4, 57-69.
- Conroy, G. y Conroy, D. A. (1986). The salinity tolerance of *Ergasilus lizae* from silver mullet (*Mugil curema* Val., 1986). *European Association of Fish Pathologist*, 6(4), 108.
- Contreras-Espinosa, F. y Warner, B. G. (2004). Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia*, 511, 233-245.
- De la Lanza-Espino, G., Alcocer-Durand, J., Moreno-Ruiz, J. L. y Hernández-Pulido, S. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica*, 18, 21-30.
- Escobedo, D. C. (2010). *Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa* [Tesis de Doctorado]. Instituto Politécnico Nacional.
- Esch, G. W. (1971). Impact of ecological succession the parasite fauna in centrarchids from oligotrophic and eutrophic ecosystems. *The American Midland Naturalist*, 86, 160-168.
- Esch, G. W. y Fernández J. C. (1993). *A functional biology of parasitism*. Chapman and Hall.
- Fajer-Avila, E. J., García-Vásquez, A., Plascencia-González, H., Ríos-Sicairos, J., García-de-la-Parra, L. M. y Betancourt-Lozano, M. (2006). Copepods and larvae of nematodes parasiting the white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836): Indicators of anthropogenic impacts in tropical coastal lagoons? *Environmental Monitoring and Assessment*, 122, 221-237.
- Hartvigsen, R. y Kennedy, C. R. (1993). Patterns in the composition and richness of helminth communities in brown trout, *Salmo trutta*, in a group of reservoirs. *Journal of Fish Biology*, 43(4), 603-615.
- Johnson, P. T. J. y Carpenter S. R. (2008). Chapter four: Influence of eutrophication on disease in aquatic ecosystems: Patterns, processes, and predictions. En R. S. Ostfeld, F. Keesing y V. T. Eviner (Eds.), *Infectious disease ecology: The effects of ecosystems on disease and of disease on ecosystems* (pp. 71-99). Princeton University.
- Lira, G. (1997). *Fauna helmintológica de dos especies de mugílicos (Pisces: Mugilidae) de la bahía de Chamela, Jalisco México* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Luque, J. L. y Poulin, R. (2007). Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: Hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology*, 134, 865-878.
- Luque, J. L. y Poulin, R. (2008). Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. *Journal of Fish Biology*, 72, 189-204.
- Luque, J. L., Mouillot, D. y Poulin, R. (2004). Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitology*, 128, 671-682.
- Magurran, A. (2004). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University.
- Marcogliese, D. J. (1995). The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 5, 336-371.

- Marcogliese, D. J. (2001). Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal Zoology*, 79(8), 1331-1352.
- Morales-Martínez, K. A., Muñoz-García, C., Figueroa-Delgado, A., Chávez-Guitrón, L., Osorio-Saravia, D., Saavedra-Montañez, M., Martínez-Maya, J. J., Rubio, J. M. y Villalobos, N. (2022). Parasite identification in mullet fish (*Mugil curema*) from Chautengo lagoon, Guerrero, Mexico, based on morphology and molecular analysis. *Experimental Parasitology*, 240.
- Mwita, C. y Nkwengulila, G. (2008). Determinants of the parasite community of clariid fishes from Lake Victoria, Tanzania. *Journal of Helminthology*, 82(1), 7-16.
- Poulin, R. (1998). *Evolutionary ecology of parasites: From individuals to communities*. Chapman y Hall.
- Poulin, R. (2006). Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *International Journal of Parasitology*, 36(8), 877-885.
- Poulin, R. (2010). Network analysis shining light on parasite ecology and diversity. *Trends Parasitology*, 26, 492-498.
- Poulin, R. y Valtonen, E. T. (2002). The predictability of helminth community structure in space: A comparison of fish populations from adjacent lakes. *International Journal for Parasitology*, 10, 1235-1243.
- Salgado-Cruz, L., Quiñonez-Velázquez, C., García-Domínguez, F. A., Pérez-Quiñonez, C. I. y Aguilar-Camacho, V. (2021). Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 56, 50-65.
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Pineda-López, R., Caspeta-Mandujano, J. M., Aguilar-Castellanos, E. y Mercado-Silva, N. (2004). Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, east central Mexico. *Comparative Parasitology*, 71, 190-202.
- Santos, J. R., Esteves-Silva, P. H., Costa-Campos, C. E. y Tavares-Dias, M. (2021). Ectoparasites infecting *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) in Amapá state estuary, in the northern Brazilian coast region. *Journal of Parasitic Diseases*, 45, 1065-1070.
- Sasal, P., Morand, S. y Guégan, J. F. (1997). Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 149, 61-71.
- Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: A global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10, 126-139.
- Tavares, L. E. R. y Luque, J. L. (2008). Similarity between metazoan parasite communities of two sympatric brackish fish species from Brazil. *The Journal Parasitology*, 94, 985-989.
- Trape, S., Durand, J. D., Guilhaumon, F., Vigliola, L. y Panfili, J. (2009). Recruitment patterns of young-of-the-year mugilid fishes in a West African estuary impacted by climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(3), 357-367. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.08.018>
- Valtonen, E. T., Holmes J. C. y Koskivaara, M. (1997). Eutrophication, pollution and fragmentation: Effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in Central Finland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(3), 572-585.
- Valtonen, E. T., Pulkkinen, K., Poulin, R. y Julkunen, M. (2001). The structure of parasite

- component communities in brackish water fishes of the northeastern Baltic Sea. *Parasitology*, 122, 471-481.
- Villalba-Vasquez, P. J., Violante-González, J., Monks, S., Marino-Romero, J. U., García-Ibáñez, S., Rojas-Herrera, A. A., Flores-Garza, R. y Rosas-Guerrero, V. (2018). Temporal and spatial variations in the metazoan parasite communities of the Panama spadefish, *Parapsettus panamensis* (Pisces: Ephippidae), from the Pacific coast of Mexico. *Invertebrate Biology*, 137, 339-354.
- Violante-González, J. y Aguirre-Macedo, M. L. (2007). Metazoan parasites of fishes from Coyuca Lagoon, Guerrero, Mexico. *Zootaxa*, 1531, 39-48.
- Violante-González, J., Aguirre-Macedo, M. L. y Mendoza-Franco, E. F. (2007). A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research*, 102, 151-161.
- Violante-González, J., Mendoza-Franco, E. F., Rojas-Herrera, A. y Gil-Guerrero, S. (2010). Factors determining parasite community richness and species composition in black snook *Centropomus nigrescens* (Centropomidae) from coastal lagoons in Guerrero, Mexico. *Parasitology Research*, 107, 59-66. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1834-x>
- Violante-González, J., Pulido-Flores, G., Monks, S., Rojas-Herrera, A. A., Melo-García, M. A., García-Ibáñez, S., Esparza-Ibarra, E. L., Larumbe-Morán, E. y Carbajal-Violante, J. (2015). Importancia de las aves ictiófagas como hospederos finales de helmintos, en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. En G. Pulido-Flores, S. Monks y M. Lopez-Herrera (Eds.), *Estudios en biodiversidad* (vol. 1, pp. 104-120). Zea.
- Wisniewski, W. L. (1958). Characterization of the parasitofauna of a eutrophic lake. *Acta Parasitologica Polonica* 6, 1-64.
- Yáñez-Arancibia, A. (1978). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. *Publicaciones Especiales Instituto Ciencias del Mar y Limnología*, 2, 1-306.
- Zander, C. D. (1998). Ecology of host parasite relationships in the Baltic Sea. *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.