

Ecología

Monogéneos de *Astyanax aeneus* (Characidae) y *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) en la cuenca del río Ixtapan, México

Monogeneans of Astyanax aeneus (Characidae) and Oreochromis niloticus (Cichlidae) from Ixtapan River basin, Mexico

Alfredo Jiménez-Sánchez, Petra Sánchez-Nava*, Felipe de Jesús Rodríguez-Romero
y Belem Flores-Nava

Laboratorio de Sistemas Biosustentables, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo, Carretera Toluca-Ixtlahuaca Km 15.5, 50200 Toluca, Estado de México, México

*Autor de correspondencia: psn@uaemex.mx (P. Sánchez-Nava)

Recibido: 27 junio 2018; aceptado: 25 junio 2019

Resumen

En este estudio se registraron los monogéneos en las branquias de 136 peces de 2 especies (*Astyanax aeneus* y *Oreochromis niloticus*) en 7 localidades de la cuenca del río Ixtapan, México. Se determinaron 9 especies que constituyen nuevos registros para el Estado de México y Guerrero. El carácido *A. aeneus* albergó 5 especies de monogéneos (*Anacanthocotyle anacanthocotyle*, *Characithecium costaricensis*, *Diaphorocleidus kabatai*, *Palombitrema heteroancistrum* y *Urocleidoides strombicirrus*), mientras que la tilapia del Nilo estuvo parasitada por 4 especies (*Cichlidogyrus sclerosus*, *Cichlidogyrus thurstonae*, *Cichlidogyrus tilapiae* y *Scutogyrus longicornis*). En particular, los monogéneos *C. thurstonae* y *S. longicornis* se reportan por primera vez en México en una población invasora silvestre de *O. niloticus*. Los monogéneos con mayor distribución en el río Ixtapan fueron: *D. kabatai* y *C. costaricensis* en *A. aeneus*, y *C. tilapiae* en *O. niloticus*. La prevalencia e intensidad promedio de las 9 especies de monogéneos fueron en general más bajas que las reportadas en otras cuencas hidrológicas de México.

Palabras clave: Characidae; Cichlidae; *Cichlidogyrus*; *Characithecium*; *Urocleidoides*; Balsas

Abstract

In this study, the gill monogeneans of 136 fish belonging to 2 species (*Astyanax aeneus* and *Oreochromis niloticus*) in 7 localities from Ixtapan River basin, Mexico were registered. Nine species of monogeneans were determined, which represent new records for Estado de México and Guerrero. The characid *A. aeneus* had 5 monogenean species (*Anacanthocotyle anacanthocotyle*, *Characithecium costaricensis*, *Diaphorocleidus kabatai*, *Palombitrema heteroancistrum* and *Urocleidoides strombicirrus*) and the Nile tilapia *O. niloticus* harbored 4 species (*Cichlidogyrus sclerosus*, *Cichlidogyrus thurstonae*, *Cichlidogyrus tilapiae* and *Scutogyrus longicornis*). The monogeneans *C. thurstonae* and *S. longicornis* are reported by the first time in México in a wild invasive population of *O. niloticus*.

The monogeneans with more distribution along the Ixtapan River were: *D. kabatai* and *C. costaricensis* in *A. aeneus*, and *C. tilapiae* in *O. niloticus*. The prevalence and mean intensity of all monogenean species were in general lower in Ixtapan River than those registered in other hidrological basins of Mexico.

Keywords: Characidae; Cichlidae; *Cichlidogyrus*; *Characithecium*; *Urocleidoides*; Balsas

Introducción

En la región neotropical de México existen poblaciones del pez nativo *Astyanax aeneus* Günther, 1860 (Characidae) en ríos, arroyos, lagos y lagunas costeras en las vertientes del Atlántico y del Pacífico (Contreras-McBeath, Brito-Rodríguez et al., 2014; Miller, 2009). Esta especie es clave en el reciclamiento de nutrientes en los ecosistemas acuáticos debido a su dieta omnívora (Small et al., 2011) y es una fuente de alimento para los habitantes en zonas rurales.

Por otra parte, debido a la acuicultura y a la liberación accidental o deliberada de peces, se han establecido poblaciones naturales de ciclidos africanos del género *Oreochromis* spp. en ríos y lagos de México (Contreras-McBeath, Gaspar-Dillanes et al., 2014; Mejía-Mojica et al., 2012). De éstos, la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 se cultiva y comercializa ampliamente en México (Sosa-Villalobos et al., 2016), incluyendo en granjas acuícolas de la cuenca del río Ixtapan, Estado de México (González-Razo et al., 2016).

La investigación sobre los monogéneos de *A. aeneus* y *O. niloticus* en México se ha dirigido hacia un enfoque taxonómico, aportando listados de especies (Kohn et al., 2006; Mendoza-Garfias et al., 2017; Salgado-Maldonado, 2006). La riqueza de monogéneos en el carácido *A. aeneus* es de 13 taxones (Mendoza-Garfias et al., 2017), de los cuales solo 2 especies se registran en la cuenca del Balsas (Caspeta-Mandujano et al., 2009; Salgado-Maldonado et al., 2001). La tilapia del Nilo *O. niloticus* alberga 16

taxones de monogéneos, los cuales han sido registrados en granjas acuícolas de Yucatán, Tabasco, Veracruz, Campeche y Morelos (Aguirre-Fey et al., 2015; Caspeta-Mandujano et al., 2009; López-Jiménez, 2001; Mendoza-Franco et al., 2015, 2018; Paredes-Trujillo et al., 2016) y pocos registros se tienen en poblaciones establecidas en cuerpos de agua silvestres (Kritsky et al., 1994; Jiménez-García et al., 2001; Vidal-Martínez et al., 2001).

Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron realizar un inventario de las especies de monogéneos de *Astyanax aeneus* y *Oreochromis niloticus* en varias localidades de la cuenca del río Ixtapan y aportar información sobre sus parámetros de infección.

Materiales y métodos

De febrero a noviembre del 2016, se recolectaron 94 individuos del carácido *A. aeneus* y 42 individuos de la tilapia del Nilo *O. niloticus* en 7 localidades (tabla 1) de la cuenca del río Ixtapan en la región hidrológica del río Balsas (fig. 1). Los peces se capturaron usando una atarraya de 3 m de diámetro y 0.9 cm de ancho de malla. La eutanasia de los hospederos se realizó de acuerdo a la Regulación Federal Mexicana sobre Sacrificio Animal 033-SAG/ZOO-2014 (Diario Oficial de la Federación, 2015).

Las branquias de cada pez se colocaron en una caja Petri con agua del medio y se examinaron bajo microscopio estereoscópico. Los monogéneos encontrados se removieron cuidadosamente de las lamelas branquiales

Tabla 1

Localidades de recolecta y tamaño de muestra de peces en la cuenca del río Ixtapan.

Localidad	Códigos (fig. 1)	Coordenadas geográficas	<i>Astyanax aeneus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>
San Miguel	1 SM	18°47'55.6" N, 100°9'41.2" O	14	0
El Sitio	2 ST	18°45'11.4" N, 100°18'30.8" O	19	5
San Lucas	3 LU	18°47'18.6" N, 100°18'23.6" O	22	0
Bejucos	4 BE	18°46'45" N, 100°25'52.8" O	18	16
Betarrón	5 BT	18°45'18.3" N, 100°28'35.4" O	3	10
Pochote	6 PO	18°44'44.3" N, 100°30'55.5" O	6	10
Balderrama	7 BL	18°43'53.5" N, 100°32'38.5" O	12	1

con un pincel fino y se fijaron en formol caliente al 4%. Algunos monogéneos se montaron en solución de Hoyer para estudiar las estructuras esclerotizadas y otros se tiñeron con tricrómica de Gomori para estudiar órganos internos. La determinación taxonómica de cada monogéneo se realizó mediante claves dicotómicas y literatura especializada (Mendoza-Franco et al., 2009; Pariselle y Euzet, 2009). Los ejemplares de referencia de cada especie de monogéneo se depositaron en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE) de la Universidad Nacional Autónoma de México con los siguientes números de catálogo: *Scutogyrus longicornis* (10743), *Cichlidogyrus sclerosus* (10744), *Cichlidogyrus thurstonae* (10745), *Cichlidogyrus tilapiae* (10746 y 10747), *Urocleidoides strombicirrus* (10749), *Characithecium costaricensis* (10750), *Diaphorocleidus kabatai* (10751 y 10752), *Palombitrema heteroancistrum* (10753 y 10754), y *Anacanthocotyle anacanthocotyle* (10755 y 10756).

Todos los monogéneos se contaron y para cada especie se calcularon los parámetros de infección: prevalencia e intensidad promedio (Bush et al., 1997), junto con su intervalo de confianza de 95% de acuerdo con Rózsa et al. (2000) y Reiczigel et al. (2019). El patrón de distribución de cada especie de monogéneo se determinó usando el índice de dispersión ($ID = \text{varianza de la abundancia} / \text{abundancia promedio}$)

La significancia del ID se llevó a cabo mediante el estadístico-*d* (Ludwig y Reynolds, 1988). Los análisis se realizaron con el software Quantitative Parasitology Web (Reiczigel et al., 2019).

Resultados

Se encontraron y determinaron 9 especies de monogéneos: 5 en el carácido *A. aeneus* y 4 en la tilapia del Nilo *O. niloticus*. Todas las especies de monogéneos tuvieron una distribución agregada (ID de 1.6 a 10.3, estadístico-*d* de 2.09 a 26.6), excepto aquellas con ID igual o menor a 1. En *A. aeneus*, los monogéneos *D. kabatai* y *C. costaricensis* se encontraron en 6 y 5 localidades de muestreo, respectivamente. Además, en general ambas especies registraron los valores más altos de prevalencia e intensidad promedio (tabla 2).

El monogéneo de *O. niloticus* con mayor distribución fue *Cichlidogyrus tilapiae*, ya que se encontró en 3 localidades de muestreo aunque con baja prevalencia e intensidad promedio (tabla 2).

Discusión

Las 9 especies de monogéneos de este trabajo corresponden a los primeros registros en los hospederos *Astyanax aeneus* y *Oreochromis niloticus* para el Estado de México y Guerrero. En particular, las especies de monogéneos *A. anacanthocotyle*, *D. kabatai* y *P. heteroancistrum* que parasitaron a *A. aeneus* se reportan por primera vez en la cuenca del Balsas. Los 2 monogéneos restantes (*C. costaricensis* y *U. strombicirrus*) ya habían sido registrados en la cuenca por Caspeta-Mandujano et al. (2009) y Salgado-Maldonado et al. (2001).

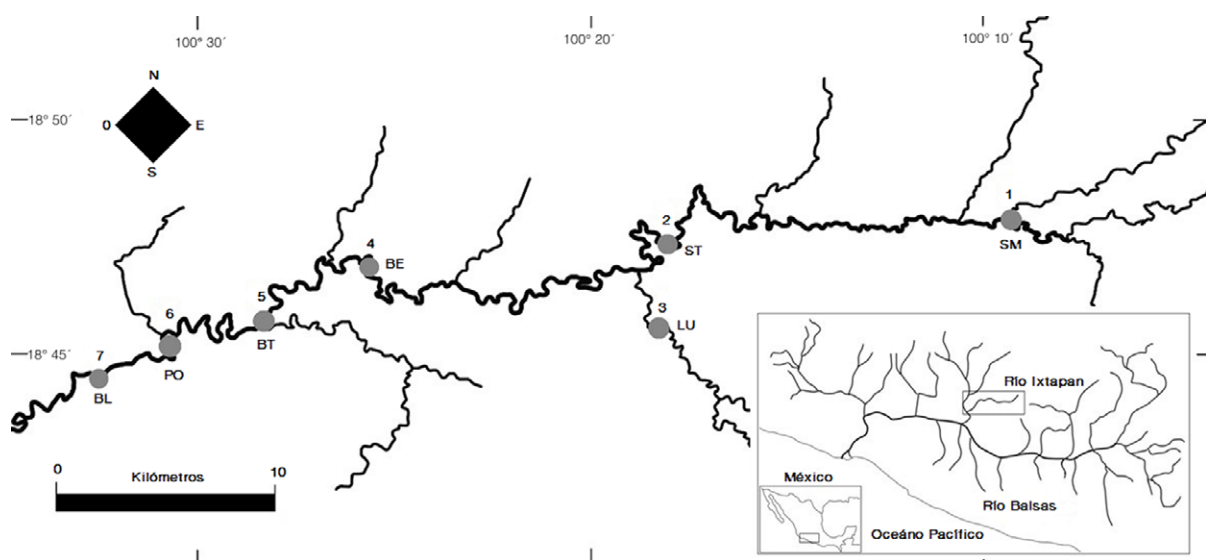


Figura 1. Mapa de las localidades de muestreo de los peces *Astyanax aeneus* y *Oreochromis niloticus* en la cuenca del río Ixtapan. Ver códigos en tabla 1.

Tabla 2

Prevalencia (P), intensidad promedio (IP) e índice de dispersión (ID) de monogéneos de *Astyanax aeneus* y *Oreochromis niloticus* de la cuenca del río Ixtapan. IC = intervalo de confianza de 95%, nc = no calculado.

Hospedero	Monogéneo	Localidad	Muestra	P% (IC)	IP (IC)	ID
	Familia Gyrodactylidae Van Beneden y Hesse, 1863					
<i>Astyanax aeneus</i>	<i>Anacanthocotyle anacanthocotyle</i> Kritsky y Frits, 1970 ^{¶§*}	Bejucos	18	16.6 (4.7-41)	9 (4-12.7)	10.3
		Betarrón	3	33.3 (1.7-86)	4 (nc)	4
		El Sitio	19	10.5 (1.9-31)	4 (nc)	3.7
	Familia Dactylogyridae Bychowsky, 1933					
	<i>Characithecium costaricensis</i> (Price y Bussing, 1967) Mendoza-Franco, Reina y Torchin, 2009 ^{¶§}					
		Bejucos	18	22.2 (8-47)	2 (1-2.5)	2.1
		El Sitio	19	26.3 (11-50)	5.6 (2.4-8.8)	6.9
		Pochote	6	16.6 (0.09-58)	3 (nc)	3
		San Lucas	22	9.09 (1.6-29)	1 (nc)	0.9
		San Miguel	14	14.2 (2.6-42)	5.5 (2-5.5)	7.4
	<i>Diaphorocleidus kabatai</i> (Molnar, Hanek y Fernando, 1974) Jogunoori, Kritsky y Venkatanarasaiah, 2004 ^{¶§*}					
		Balderrama	12	33.3 (12.3-63)	2.5 (1-5)	3.6
		Bejucos	18	11.1 (2-33)	1.5 (1-1.5)	1.6
		Betarrón	3	33.3 (1.7-86)	2 (nc)	2
		El Sitio	19	26.3 (11-50)	3 (1-6.8)	6.7
		Pochote	6	33.3 (6.3-72)	2 (nc)	1.6
		San Miguel	14	7.1 (0.04-31)	2 (nc)	2
	<i>Palombitrema heteroancistrum</i> Price y Bussing, 1968 ^{¶§*}					
		Balderrama	12	8.3 (0.04-37)	1 (nc)	1
		Bejucos	18	5.5 (0.03-27)	1 (nc)	1
		El Sitio	19	15.7 (4.4-39)	1 (nc)	0.89
		San Miguel	14	14.2 (2.6-42)	5.5 (4-5.5)	5.5
	<i>Urocleidoides strombicirrus</i> (Price y Bussing, 1967) Kritsky y Thatcher, 1974 ^{¶§}					
		Balderrama	12	8.3 (0.04-37)	1 (nc)	1
		El Sitio	19	21 (7.5-44)	3 (1-4.7)	4

		San Lucas	22	4.54 (0.02-22)	1 (nc)	1
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Cichlidogyrus sclerosus</i> Paperna y Thurston, 1969 §	Betarrón	10	10 (0.05-44)	1 (nc)	1
		<i>Cichlidogyrus thurstonae</i> Ergens, 1981 §	Betarrón	10	40 (15-70)	1.5 (1-2)
		Pochote	10	10 (0.05-44)	1 (nc)	1
	<i>Cichlidogyrus tilapiae</i> Paperna, 1960 ¶§	Betarrón	10	20 (3.7-55)	2 (nc)	1.7
		El Sitio	5	20 (1-65)	1 (nc)	1
		Pochote	10	10 (0.05-44)	1 (nc)	1
	<i>Scutogyrus longicornis</i> (Paperna y Thurston, 1969) Pariselle y Euzet, 1995 §	Betarrón	10	10 (0.05-44)	2 (nc)	2

*Nuevos registros para la cuenca del Balsas.

¶Nuevos registros para el Estado de México.

§Nuevos registros para Guerrero.

Cichlidogyrus sclerosus y *C. tilapiae* recolectados en la tilapia invasora *O. niloticus* se registran por primera vez en un ambiente silvestre en la cuenca del Balsas. Por su parte, *C. thurstonae* y *S. longicornis* constituyen el primer registro para México en una población invasora de la tilapia *O. niloticus*. Hasta la fecha, las 4 especies se habían registrado en granjas acuícolas de tilapia del Nilo en Morelos, Campeche y Yucatán (Flores-Crespo y Flores-Crespo, 2003; Mendoza-Franco et al., 2015, 2018; Paredes-Trujillo et al., 2016). Finalmente, en este estudio se reporta por primera vez a *A. anacanthocotyle* parasitando las branquias de hospederos del género *Astyanax*, ya que previamente se había encontrado en la superficie externa de *Astyanax fasciatus* en Costa Rica (Kritsky y Fritts, 1970) y en las aletas del mismo hospedero en la península de Yucatán, México (Mendoza-Franco et al., 1999).

Casi todas las especies de monogéneos presentaron una distribución agregada. Este tipo de distribución es común en los parásitos (Poulin, 2007) y se ha observado que es más baja en aquellos que requieren un solo hospedero en su ciclo de vida, como los monogéneos (Lester y McVinish, 2016). Este patrón concuerda con nuestros resultados, ya que el índice de dispersión fluctuó entre 1.6 y 10.3, siendo mayor en el monogéneo vivíparo *A. anacanthocotyle*.

La prevalencia e intensidad promedio de los monogéneos de *A. aeneus* y *O. niloticus* en este estudio son más bajas que las registradas en ríos y lagos de Chiapas, Yucatán, Morelos y Veracruz (Jiménez-García et al., 2001; Kritsky et

al., 1994; Salgado-Maldonado et al., 2001, 2011). Aunque en este trabajo no se evaluaron los factores bióticos y abióticos, la prevalencia e intensidad promedio de los monogéneos puede depender de la temperatura del agua (Blazek et al., 2008; Dávidová et al., 2005; Koskivaara, 1992; Sereno-Urbe et al., 2012), el hábitat léntico o lótico de los peces (Acosta et al., 2013; Dogiel, 1961; Farias-Pantoja et al., 2015), la respuesta inmune (Bowden, 2008) o la densidad de los hospederos (Bagge et al., 2004), por lo tanto, sugerimos que en trabajos futuros se evalúe la influencia de dichos factores en la prevalencia e intensidad de este grupo de helmintos.

En conclusión, en la cuenca del río Ixtapan, los peces *A. aeneus* y *O. niloticus* albergan 5 y 4 especies de monogéneos, respectivamente. La prevalencia y abundancia de monogéneos fue baja en ambos hospederos, pero sobretodo en la tilapia del Nilo *O. niloticus*.

Agradecimientos

Especialmente a Juan Manuel Rivas por sus valiosos comentarios sobre el artículo y a Edgar Mendoza Franco por su apoyo en corroborar la determinación taxonómica de los monogéneos. Este trabajo es parte de la tesis de doctorado del primer autor, quien agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada (238326) para la realización de sus estudios. La Universidad Autónoma del Estado de México financió esta investigación a través del proyecto 3831/2014/CIA.

Referencias

- Acosta, A. A., Queiroz, J., Brandao, H., Carvahlo, E. D. y Silva, R. J. (2013). Helminths of *Steindachnerina inculpata* in two distinct stretches of the Taquari River, state of Sao Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22, 539–547. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612013000400014>
- Aguirre-Fey, D., Benítez-Villa, G. E., Pérez-Ponce de León, G. y Rubio-Godoy, M. (2015). Population dynamics of *Cichlidogyrus* spp. and *Scutogyrus* sp. (Monogenea) infecting farmed tilapia in Veracruz, Mexico. *Aquaculture*, 443, 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.004>
- Bagge, A. M., Poulin, R. y Valtonen, E. T. (2004). Fish population size, and not density, as the determining factor of parasite infection: a case study. *Parasitology*, 128, 305–313. <https://doi.org/10.1017/s0031182003004566>
- Blazek, R., Jarkovsky, J., Koubkova, B. y Gelnar, M. (2008). Seasonal variation in parasite occurrence and microhabitat distribution of monogenean parasites of gudgeon *Gobio gobio* (L.). *Helminthologia*, 45, 185–191. <https://doi.org/10.2478/s11687-008-0037-9>
- Bowden, T. J. (2008). Modulation of the immune system of fish by their environment. *Fish Shellfish Immunology*, 25, 373–383. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.03.017>
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al., revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Caspeta-Mandujano, J. M., Cabañas-Carranza, G. y Mendoza-Franco, E. F. (2009). *Helminths parasites of fishes dulceacuicolas mexicanos (Caso Morelos)*. México D.F.: AGT Editor.
- Contreras-McBeath, T., Brito-Rodríguez, M., Sorani, V., Goldspink, C. y McGregor-Reid, G. (2014). Richness and endemism of the freshwater fishes of Mexico. *Journal of Threatened Taxa*, 6, 5421–5433. <https://doi.org/10.11609/jott.o3633.5421-33>
- Contreras-McBeath, T., Gaspar-Dillanes, M. T., Huidobro-Campos, L. y Mejía-Mojica, H. (2014). Peces invasores en el centro de México. En R. Mendoza y P. Koleff (Eds.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 413–424). México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Dávidová, M., Jarkovsky, J., Matejusová, I. y Gelnar, M. (2005). Seasonal occurrence and metrical variability of *Gyrodactylus rhodei* Zitnan 1964 (Monogenea, Gyrodactylidae). *Parasitology Research*, 95, 398–405. <https://doi.org/10.1007/s00436-005-1311-0>
- Diario Oficial de la Federación. (2015). Norma Oficial Mexicana 033-SAG/ZOO-2014. *Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Dogiel, V. A. (1961). Ecology of the parasites of freshwater fishes. En V. A. Dogiel, G. K. Petrushevski e Y. I. Polyanski (Eds.), *Parasitology of fishes* (pp. 1–147). Leningrad: University Press.
- Farias-Pantoja, W. M., Vargas-Flores, L. y Tavares-Dias, M. (2015). Parasites component community in wild population of *Pterophyllum scalare* Schultze, 1823 and *Mesonauta acora* Castelnau, 1855, cichlids from the Brazilian Amazon. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 1043–1048. <https://doi.org/10.1111/jai.12903>
- Flores-Crespo, J. y Flores-Crespo, R. (2003). Monogéneos, parásitos de peces en México: estudio recapitulativo. *Técnica Pecuaria en México*, 41, 175–192.
- González-Razo, F. J., Sangerman-Jarquín, D. M., Omaña-Silvestre, J. M., Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J. y Ayllón-Benítez, J. C. (2016). Marketing of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in southern state of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 1985–1996. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.131>
- Jiménez-García, M. I., Vidal-Martínez, V. M. y López-Jiménez, S. (2001). Monogeneans in introduced and native cichlids in Mexico: evidence for transfer. *Journal of Parasitology*, 87, 907–909. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2001\)087\[0907:miianc\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[0907:miianc]2.0.co;2)
- Kohn, A., Cohen, S. C. y Salgado-Maldonado, G. (2006). Checklist of Monogenea parasites of freshwater and marine fishes, amphibians and reptiles from Mexico, Central America and Caribbean. *Zootaxa*, 1289, 67–99. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.1289.1.1>
- Koskivaara, M. (1992). Environmental factors affecting monogeneans parasitic on freshwater fishes. *Parasitology Today*, 8, 339–342. [https://doi.org/10.1016/0169-4758\(92\)90069-e](https://doi.org/10.1016/0169-4758(92)90069-e)
- Kritsky, D. C. y Fritts, T. H. (1970). Monogenetic trematodes from Costa Rica with the proposal of *Anacanthocotyle* gen. n. (Gyrodactylidae: Isancistrinae). *The Helminthological Society of Washington*, 37, 63–68.
- Kritsky, D. C., Vidal-Martínez, V. M. y Rodríguez-Canul, R. (1994). Neotropical Monogenoidea. 19. Dactylogyridae of Cichlids (Perciformes) from the Yucatán Peninsula, with descriptions of three new species of *Sciadicleithrum* Kritsky, Thatcher, and Boeger, 1989. *Journal of Helminthological Society of Washington*, 61, 26–33.
- Lester, R. J. G. y McVinish, R. (2016). Does moving up a food chain increase aggregation in parasites? *Journal of the Royal Society Interface*, 13, 20160102. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0102>
- López-Jiménez, S. (2001). Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del Estado de Tabasco. *Gaceta Sigolfo Sistema de Investigación del Golfo de México*, 3, 8–10.
- Ludwig, J. A. y Reynolds, J. F. (1988). *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York: Wiley-Interscience Publications.
- Mejía-Mojica, H., Rodríguez-Romero F. J. y Díaz-Pardo, E. (2012). Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. *Revista de Biología Tropical*, 60, 669–681. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i2.3960>

- Mendoza-Franco, E. F., Caspeta-Mandujano, J. M. y Tapia-Osorio, M. (2018). Ecto- and endo- parasitic monogeneans (Platyhelminthes) on cultured freshwater exotic fish species in the state of Morelos, South-Central Mexico. *Zookeys*, 776, 1–12. <https://doi.org/10.3897/zookeys.776.26149>
- Mendoza-Franco, E. F., Quintanal-Méndez, J. R., Laffón-Leal, S. M. y del Río-Rodríguez, R. E. (2015). Ectoparasitos (Platelmintos: monogenea) exóticos de peces cultivados en zonas aledañas a la laguna de Términos. En J. Ramos-Miranda y G. J. Villalobos-Zapata (Eds.), *Aspectos socioambientales de la región de la laguna de Términos, Campeche* (pp. 199–210). Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- Mendoza-Franco, E. F., Reina, R. G. y Torchin, M. E. (2009). Dactylogyrids (Monogenoidea) parasitizing the gills of *Astyanax* spp. (Characidae) from Panama and southeast Mexico, a new species of *Diaphorocleidus* and a proposal for *Characithecium* n. gen. *Journal of Parasitology*, 95, 46–55. <https://doi.org/10.1645/ge-1592.1>
- Mendoza-Franco, E. F., Scholz, T., Vivas-Rodríguez, C. y Vargas-Vázquez, J. (1999). Monogeneans of freshwater fishes from cenotes (sinkholes) of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica*, 46, 267–273.
- Mendoza-Garfias, B., García-Prieto, L. y Pérez-Ponce de León, G. (2017). Checklist of the Monogenea (Platyhelminthes) parasitic in Mexican aquatic vertebrates. *Zoosystema*, 39, 501–598. <https://doi.org/10.5252/z2017n4a5>
- Miller, R. (2009). *Peces dulceacuicolas de México*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Sociedad Ictiológica Mexicana A. C./ El colegio de la Frontera Sur/ Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos.
- Paredes-Trujillo, A., Velázquez-Abunader, I., Torres-Irineo, E., Romero, D. y Vidal-Martínez, V. M. (2016). Geographical distribution of protozoan and metazoan parasites of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) (Perciformes: Cichlidae) in Yucatán, México. *Parasites & Vectors*, 9, 66. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1332-9>
- Pariselle, A. y Euzet, L. (2009). Systematic revision of dactylogyridean parasites (Monogenea) from cichlids fishes in Africa, The Levant and Madagascar. *Zoosystema*, 31, 849–898. <https://doi.org/10.5252/z2009n4a6>
- Poulin, R. (2007). Are there general laws in Parasite Ecology? *Parasitology*, 134, 763–776. <https://doi.org/10.1017/s0031182006002150>
- Reiczigel, J., Marozzi, M., Fabián, I. y Rózsa, L. (2019). Biostatistics for parasitologists – a primer to Quantitative Parasitology. *Trends in Parasitology*, 35, 277–281. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.003>
- Rózsa, L., Reiczigel, J. y Majoros, G. (2000). Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology*, 86, 228–232. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0228:qphisoh\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0228:qphisoh]2.0.co;2)
- Salgado-Maldonado, G. (2006). Checklist of helminth freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa*, 1324, 1–357. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1324.1.1>
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Caspeta-Mandujano, J. M., Soto-Galera, E., Mayén-Peña, E. y Báez-Valé, R. (2001). Helminth parasites of freshwater fishes of the balsas river drainage basin of southwestern Mexico. *Comparative Parasitology*, 68, 196–203.
- Salgado-Maldonado, G., Caspeta-Mandujano, J. M., Moravec, F., Soto-Galera, E., Rodiles-Hernández, R., Cabañas-Carranza, G. et al. (2011). Helminth parasites of freshwater fish in Chiapas, Mexico. *Parasitology Research*, 108, 31–59. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2035-3>
- Serenio-Urbe, A. L., Zambrano, L. y García-Varela, M. (2012). Reproduction and survival under different water temperatures of *Gyrodactylus mexicanus* (Platyhelminthes: Monogenea), a parasite of *Girardinichthys multiradiatus* in Central Mexico. *Journal of Parasitology*, 98, 1105–1108. <https://doi.org/10.1645/ge-3053.1>
- Small, G. E., Pringle, C. M., Pyron, M. y Duff, J. H. (2011). Role of the fish *Astyanax aeneus* (Characidae) as a keystone nutrient recycler in low-nutrient Neotropical streams. *Ecology*, 92, 386–397. <https://doi.org/10.1890/10-0081.1>
- Sosa-Villalobos, C., Castañeda-Chávez, M. R., Amaro-Espejo, I. A., Galaviz-Villa, I. y Lango-Reynoso, F. (2016). Diagnosis of the current state of aquaculture production systems with regard to the environment in Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44, 193–201. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-1>
- Vidal-Martínez, V. M., Aguirre-Macedo, M. L., Scholz, T., González-Solís, D. y Mendoza-Franco, E. F. (2001). *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Praga: Academia.