










Artículo original / Original article

Correlación de la calidad del agua y la comunidad parasitaria en *Cyprinus carpio var. koi* en Pachuca de Soto, Hidalgo, México

Correlation of water quality and parasite community in *Cyprinus carpio var. koi* in Pachuca de Soto, Hidalgo, Mexico

Gisel Villaseñor-Reyes ¹; Paulina Nájera-Alemán ¹; Jaqueline Rabling-Olivera ¹; Jaqueline González-Vázquez ¹; Karla Paola Ubilla-Paredes ¹; Irene Sofía Bell-Palacios ¹; Fabián Ricardo Gómez-de-Anda ¹; Andrea Paloma Zepeda-Velázquez ¹ & Víctor Johan Acosta-Pérez ^{1*}

¹Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 43600 Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México

RESUMEN

La producción de peces ornamentales representa un alto valor económico a nivel mundial; no obstante, diversos estresores ambientales pueden afectar el estado sanitario de los organismos. En este estudio se analizó el perfil parasitario de 18 carpas (*Cyprinus carpio var. koi*) y su correlación con la calidad del agua. Se observaron 223 parásitos y una prevalencia de 77.7 %, la comunidad parasitaria evidenció mayor presencia del monogéneo *Gyrodactylus* spp. (16.7 %) y el trematodo *Centrocestus formosanus* (66.6 %). La calidad del agua presentó valores elevados de nitratos ($61.1 \pm 20.2 \text{ mg L}^{-1}$), alcalinidad ($203.0 \pm 124.0 \text{ mg L}^{-1}$) y carbonatos ($263.0 \pm 89.8 \text{ mg L}^{-1}$), así como correlaciones de compuestos nitrogenados con la prevalencia de monogéneos ($r=0.6$ a 1.0) y de *C. formosanus* con los nitratos ($r=0.3$) y el pH ($r=0.4$). La correlación entre los estresores ambientales y las cargas parasitarias en carpas de ornato puede resultar determinante para su gestión y comercialización.

Palabras clave: *Centrocestus formosanus*; índices ecológicos; índice de Pearson; monogéneo; zoonosis

ABSTRACT

Ornamental fish farming represents a high economic value worldwide; however, various environmental stressors can affect the health of these organisms. This study analyzed the parasite profile of 18 koi carp (*Cyprinus carpio var. koi*) and its correlation with water quality. A total of 223 parasites were observed, with a prevalence of 77.7 %. The parasite community showed a higher presence of the monogenean *Gyrodactylus* spp. (16.7 %) and the trematode *Centrocestus formosanus* (66.6 %). Water quality showed high levels of nitrates ($61.1 \pm 20.2 \text{ mg L}^{-1}$), alkalinity ($203.0 \pm 124.0 \text{ mg L}^{-1}$), and carbonates ($263.0 \pm 89.8 \text{ mg L}^{-1}$), as well as a correlation between nitrogen compounds and the prevalence of monogeneans ($r=0.6$ and 1.0), and a correlation between *C. formosanus* and nitrates ($r=0.3$) and pH ($r=0.4$). The correlation of environmental stressors with parasite loads in ornamental carp can provide crucial information for their management and marketing.

Keywords: *Centrocestus formosanus*; ecological indices; pearson index; monogenean; zoonoses

Cómo citar / Citation: Villaseñor Reyes, G., Nájera Alemán, P., Rabling Olivera, J., González Vásquez, J., Ubilla Paredes, K.P., Bell Palacios, I.S., Gómez de Anda, F.R., Zepeda Velásquez, A.P. & Acosta Pérez, V.J. (2026). Correlación de la calidad del agua y la comunidad parasitaria en *Cyprinus carpio var. koi* en Pachuca de Soto, Hidalgo, México. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 5(1), e145. <https://doi.org/10.56926/repia.v5i1.145>

Editor: Dr. Fred William Chu Koo 

Recibido: 22/01/2026

Aceptado: 08/04/2026

Publicado: 20/10/2026

* victor_acosta@uaeh.edu.mx (autor de correspondencia)



© Authors. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de los peces ornamentales es un nicho económico que ha presentado un crecimiento sustancial en los últimos años; a nivel mundial, presenta un valor de 5.88 billones de dólares anuales, mientras que en México representa un valor de venta de 2.16 millones de dólares anuales. La comercialización se sustenta en cerca de 250 granjas distribuidas en 20 estados, liderados por Morelos, Veracruz, Yucatán, Estado de México y Jalisco (Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable, 2018; Paredes-Trujillo et al., 2024). La producción ornamental se relaciona a una alta diversidad de peces teleósteos, entre los que destaca la comercialización de pez dorado (*Carassius auratus*), el pez platy (*Xiphophorus maculatus*), el pez luchador siamés (*Betta splendens*), pez Óscar (*Astronotus ocellatus*), guppys (*Poecilia reticulata*), tetra cardenal (*Paracheirodon axelrodi*), tetra joya (*Hyphessobrycon eques*), pez ángel (*Pterophyllum scalare*) y pez disco (*Symphysodon discus*) (Coelho Florindo et al., 2017; Ribeiro et al., 2009; Sasanami et al., 2021; Sermwatanakul, 2019).

En este mercado tan diverso, los ciprínidos se hacen un lugar por su alta tradición de cultivo; son la familia de peces de mayor producción a nivel mundial y cuentan con representantes tanto en la producción alimentaria como en la producción ornamental (Henrique et al., 2019). Este grupo taxonómico incluye ejemplares como *Cyprinus carpio var. koi*, una carpa altamente valorada por sus patrones de pigmentación en tonos verdes, negros, grises, azules, dorados, naranjas y rojos, colores que, además del fin ornamental, son indicadores de la calidad reproductiva de los ejemplares (Pietsch & Hirsch, 2015; Rodríguez-Gutiérrez et al., 2025). No obstante, la producción de ciprínidos, cuenta con un perfil sanitario que evidencia problemáticas relacionadas con una alta diversidad de agentes parasitarios; factores como la alta densidad pueden derivar en un mayor riesgo de infestación parasitaria (Elisafitri et al., 2021).

En este contexto, el cultivo y tenencia de carpas koi (*C. carpio var. koi*) ha reportado infección por el trematodo zoonótico *Centrocestus formosanus*, con una prevalencia del 5.5 % (Zamora-Roa et al., 2025), presentación del protozoario *Myxobolus koi* a nivel de branquias, intestino e hígado (Maftuch et al., 2018), así como la presentación del crustáceo *Argulus japonicus* identificado en un lago artificial en Brasil con una prevalencia de 100.0 % (Silva et al., 2024). Además, ejemplares de *C. carpio var. koi* se han reportado como portadores de una variedad de ectoparásitos como *Trichodina* sp., *Gyrodactylus* sp., *Dactylogyrus* sp., *Glossatella* sp. e *Ichthyophthirius multifiliis*, que suelen presentarse a nivel de las branquias y de la superficie del cuerpo de los peces (Elisafitri et al., 2021).

La presencia de los parásitos asociados a estresores ambientales como la calidad del agua, pueden derivar en parasitosis (Adamba et al., 2020), una situación que puede comprometer la producción y la calidad de vida de los organismos ornamentales, por ello el objetivo de este estudio fue aportar información de la relación parásito-hospedero a través de la caracterización de la comunidad parasitaria y los parámetros de calidad del agua relacionados a la venta de ejemplares de la especie *C. carpio var. koi* en la zona centro de Pachuca de Soto, Hidalgo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio abarcó la zona centro del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo, México (**Figura 1**), este municipio es la capital del Estado de Hidalgo y se localiza geográficamente en las coordenadas 20° 07' 21" de latitud norte y 98° 44' 09" longitud oeste, a una altitud entre los 2400-2800 m.s.n.m., cuenta con un clima templado semifrío con lluvias en verano, donde la precipitación media anual es de 400 a 800 mm, los vientos son predominantes del noreste y están presentes en la ciudad durante nueve meses del año, con una velocidad máxima de 65 km/h, la ciudad presenta una temperatura media de 24 °C (Cruz García et al., 2015; Rebollar-Zamorano et al., 2020). Cabe destacar que Pachuca de Soto es un municipio que se encuentra cercano a la CDMX, aproximadamente a 100 km de distancia; del mismo modo, Pachuca de Soto representa el municipio más poblado del Estado de Hidalgo con 314 331 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

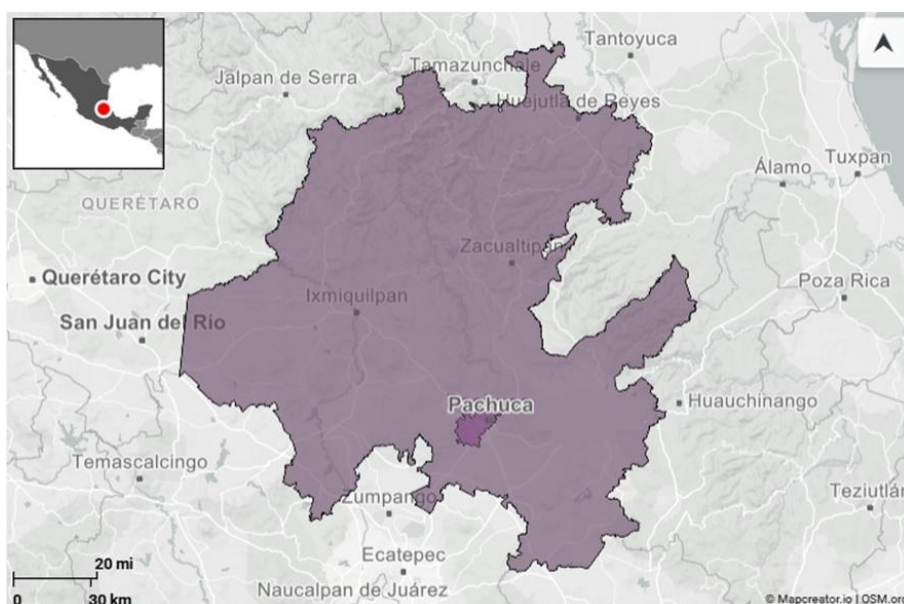


Figura 1. Área de estudio, en el mapa superior izquierdo se observa en el punto rojo la localización del Estado de Hidalgo en la región centro de México, en la ampliación se observa la delimitación del Estado de Hidalgo y en morado intenso el municipio de Pachuca de Soto.

Obtención de la muestra

En la zona centro de Pachuca de Soto se identificaron un total de seis establecimientos de venta de peces ornamentales, de cada uno de estos establecimientos denominados "acuarios" se colectó por triplicado ejemplares de carpas de ornato de la especie *Ciprynus carpio var. koi*, correspondientes a etapa juvenil, los peces se trasladaron en bolsas plásticas con una proporción 30% agua y 70% aire que fue inyectado mediante oxigenación a una saturación $>5 \text{ mg L}^{-1}$ (Bocek, 1991; Muthiah, 2014). De cada punto de muestreo se colectaron 200 mL de agua procedentes de las peceras donde se exhiben los ejemplares de *C. carpio var. koi*. Los peces y las muestras de agua fueron trasladados al Laboratorio de Parasitología del Instituto de Ciencias Agropecuarias para su procesamiento.

Necropsia y determinación parasitológica

Un total de 18 peces fueron procesados para la revisión parasitológica; se obtuvieron los datos de longitud estándar y peso de cada individuo; posteriormente, fueron eutanasiados mediante el método de dos pasos, con baño de hielo a una temperatura inferior a 4 °C y la aplicación consecutiva de punción craneal para la destrucción física del cerebro, de acuerdo con lo descrito por Lavalle et al. (2025). Posteriormente, cada organismo fue colocado en posición de decúbito con la cabeza en dirección a la mano izquierda del operario. La revisión parasitológica incluyó la obtención de muestras de moco correspondientes a un barrido en dirección craneocaudal con portaobjetos. Se obtuvo una segunda muestra de moco considerando un pool de raspado de las aletas dorsal, lateral, anal, pélvica y caudal, correspondientes al plano lateral izquierdo del pez. Posteriormente se disectó el arco branquial izquierdo y se separaron las cuatro láminas branquiales para su transferencia y preparación en squash independientes. Cada organismo se revisó para búsqueda de endoparásitos mediante la disección de la cavidad torácica, mediante un corte longitudinal de ano a mandíbula inferior y un segundo corte de ano a la parte superior del opérculo branquial, subsecuentemente se expusieron y reconocieron los órganos blanco de la cavidad torácica, incluyendo, esófago, estómago, intestino, hígado, bazo, vesícula biliar, gónadas, vejiga natatoria, riñón y corazón, se separaron y se prepararon en squash independientes para su observación (HIPRA, 2024; Sepulveda & Kinsella, 2013), finalmente se disectó la región muscular del filete correspondiente al plano lateral izquierdo de cada pez, para la búsqueda de quistes de endoparásitos mediante observación a trasluz (Secretaría de Salud, 2010). Las observaciones se realizaron mediante microscopía de campo claro con una cámara acoplada a un microscopio Zeigen WF10x.

Determinación de la calidad del agua

Cada muestra de agua fue procesada para la obtención de los valores de nitritos ($\text{mg L}^{-1} \text{NO}_2$), nitratos ($\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3$), alcalinidad ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$), dureza ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$) y pH por medio de reactivos de kit colorimétrico HANNA®, los valores se obtuvieron siguiendo los protocolos del fabricante de acuerdo a los siguientes códigos de producto: HI3874 (nitratos), HI3873 (nitritos), HI3811 (alcalinidad), HI3812 (dureza) y HI98107 (pH) (Acosta-Pérez et al., 2022). Mientras que los valores de carbonatos (mg L^{-1}) y cloro (mg L^{-1}) se obtuvieron mediante tiras reactivas indicadas para acuariofilia de la marca LOMAS®.

Análisis de datos

Se obtuvieron los conteos y valores de prevalencia con los intervalos de confianza ($\text{Prev} = (\text{no. de peces que presentan la condición} / \text{no. de peces muestreados}) * 100$), así como valores de abundancia ($\text{Abu} = \text{no. de parásitos} / \text{no. de peces muestreados}$) e intensidad ($\text{Int} = \text{no. de parásitos} / \text{no. de peces parasitados}$) para cada género parasitario observado de acuerdo con Aragón-Pech et al. (2018). En complemento, se calcularon los índices de biodiversidad de Simpson, de dominancia de Berger-Parker, el índice de uniformidad de Shannon-Weiner y el índice de equidad de Pielou (Moreno, 2001). Los parámetros de calidad del agua se representaron como la media \pm desviación estándar de 18 mediciones. Finalmente, los valores de prevalencia y los de calidad del agua se correlacionaron mediante el cálculo del índice de Pearson (Fórmula 1), en un ambiente computacional de código abierto mediante el software Rstudio© versión 2025.09.01 mediante el paquete estadístico

“corrplot”, donde la interpretación permitió reconocer correlaciones negativas (valores cercanos a -1), correlaciones positivas (valores cercanos a 1) y correlaciones débiles (valores cercanos a 0) (Berman, 2018).

Formula 1.-

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidad parasitaria

La acuariofilia de peces ornamentales es uno de los pasatiempos más populares a nivel mundial; la industria se encuentra en constante crecimiento y ante retos de bioseguridad (Hoshino et al., 2018), asociados a la alta movilización de organismos, actividades donde los peces pueden participar en la cointroducción y dispersión de patógenos, entre ellos los de tipo parasitarios (Wilson, 2019); denotando la alta relevancia de la evaluación constante de la comunidad parasitaria en peces ornamentales. En este estudio se analizó un total de 18 peces juveniles de ornato de la especie *C. carpio var. koi*, con una talla media de 11.3 ± 2.04 cm y un peso medio de 16.4 ± 6.96 g.

La revisión parasitológica permitió observar y contabilizar un total de 223 parásitos presentes en 14 de los 18 peces analizados, lo que resultó en una prevalencia global de 77.7 % para la comunidad parasitaria, una prevalencia alta en comparación con lo reportado por Paredes-Trujillo et al. (2024) en Morelos, México, quienes describen 12 especies parasitarias asociadas a peces ornamentales con prevalencias entre 0.2-4.5 %. En los especímenes de *C. carpio var. koi* analizados en este trabajo se observaron 5 parásitos (**Figura 2**); cuatro de ellos se identificaron a nivel de género: los monogéneos *Dactylogyrus* spp., *Dawestrema* spp. y *Gyrodactylus* spp., que presentaron 8, 4 y 3 observaciones, respectivamente, y una prevalencia de 5.6 %, 11.1 % y 16.7 %, respectivamente. Estos parásitos se habían reportado previamente en poblaciones de carpas koi de Indonesia, en específico, *Dactylogyrus* spp. y *Gyrodactylus* spp., reportaron prevalencias de 80.0 % y 40.0 % respectivamente (Elisafitri et al., 2021), mientras que *Dawestrema* spp. se ha reportado previamente en poblaciones de tilapia en el Estado de Hidalgo con una prevalencia del 11.0 % (Acosta-Pérez et al., 2022), aunque no se cuenta con reportes de este género parasitario en poblaciones de carpas koi en la región. La infestación por monogéneos en *C. carpio var. koi* se presenta en la dermis y las branquias, donde los ectoparásitos se alimentan del mucus, causando letargia, anorexia e irritación, síntomas que pueden exacerbarse por estresores como el hacinamiento y la mala calidad del agua (Steckler, 2016).

Por otro lado, el género *Trichodina* presentó una sola observación (5.6 %), los tricodínidos se han reportado de forma extensa en ambientes acuáticos y se reconocen como parásitos facultativos de los peces, se fijan firmemente a su hospedero a nivel de piel, aletas y branquias, donde generan un movimiento de succión por medio de la membrana aboral, causando irritaciones focalizadas que pueden dar paso a infecciones secundarias por hongos, virus o bacterias (Rivera Pérez & Hernández Saavedra, 2021), en las carpas koi cuentan con reporte de prevalencia de hasta el 80.0 % en etapas de cría (Elisafitri et al., 2021). Las observaciones de este trabajo se complementaron con la presencia del trematodo *C. formosanus*, que presentó 207 observaciones y representó el parásito de mayor

abundancia (11.50), intensidad (17.25) y prevalencia (66.6 %) en este estudio. Este trematodo se ha reportado en México como parásito de 39 especies de peces, incluyendo ciprínidos, en 11 estados, entre ellos Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz e Hidalgo, este último, donde se realizó el primer reporte de metacercarias en el municipio de Tezontepec de Aldama (Scholz, 2009). En poblaciones de *C. carpio var. koi*, se ha reportado previamente con una prevalencia de 5.5 % en el municipio de Tulancingo de Bravo (Zamora-Roa et al., 2025), su infestación se asocia con el desarrollo de metacercarias a nivel de branquias, la intensidad de la infección puede derivar en dificultades respiratorias en los peces, morbilidad y mortalidad de los ejemplares (Sumuduni et al., 2020), además representa un parásito de importancia en salud pública ya que se ha asociado con infecciones intestinales en humanos ante la ingesta de carne contaminada mal cocida o cruda (Paopun et al., 2024; Pinto et al., 2014).

La comunidad parasitaria en nuestro estudio presentó un índice de Simpson de 0.13; de forma complementaria, el índice de dominancia de Berger-Parker presentó un valor de 0.92, calculado para *C. formosanus* como el parásito más abundante, mientras que los índices de uniformidad y equidad de Shannon y Pielou mostraron valores bajos: 0.34 y 0.21, respectivamente. Estos índices constituyen importantes indicadores de la estructura de la comunidad parasitaria y complementan los hallazgos parasitarios en *C. carpio var. koi* (Moreno, 2001). Los bajos valores de índice de Simpson y Shannon indican una baja diversidad parasitaria asociada a las carpas analizadas (Acosta-Pérez et al., 2022), mientras que un bajo valor del índice de Pielou es un indicio de una baja equidad de la abundancia de parásitos observados, lo que se refuerza con un alto índice de Berger-Parker para *C. formosanus*, un indicador de la alta influencia de este trematodo en la estructura de la comunidad parasitaria en *C. carpio var. koi* (Acosta-Pérez et al., 2022; Morris et al., 2019).

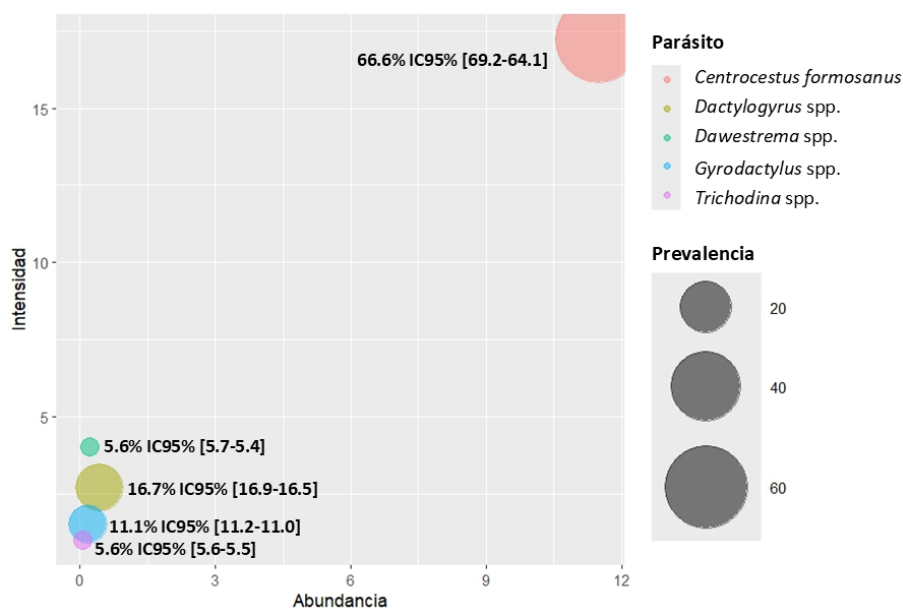


Figura 2. Caracterización de la comunidad parasitaria, eje Y= valores de abundancia parasitaria, eje X= valores de intensidad parasitaria y los valores de prevalencia de los parásitos observados e [Intervalo de confianza 95%]

Los parásitos observados (**Figura 3**) correspondieron a estadios adultos para los monogéneos *Dactylogyrus* spp., *Dawestrema* spp. y *Gyrodactylus* spp., en la figura 3a, 3b y 3c se observa la morfología en formas de duela, estos parásitos presentan ciclos directos, donde los más reportados son *Dactylogyrus* spp. en branquias y *Gyrodactylus* spp. en piel (Steckler, 2016), en concordancia con los hallazgos de este trabajo dado que los tres géneros de monogéneos se observaron como ectoparásitos a nivel de filamentos branquiales, en el caso de *Trichodina* spp. se observa en la figura 3d el ejemplar adulto identificado a nivel de mucosa correspondiente al plano lateral izquierdo del pez, este protozooario se caracteriza por su forma discoidal y la presencia de una región aboral que se adhiere al hospedero, así como por la presencia de denticulos proteicos y un macronúcleo (Pietsch & Hirsch, 2015). Por otro lado, en la **Figura 4** a y b se observan quistes del trematodo *C. formosanus*, el estadio corresponde a metacercarias que se alojan en las branquias de *C. carpio* var. *koi* mediante la formación de quistes (Sumuduni et al., 2017; Vélez-Hernández et al., 1998), en la figura 4b se observa la formación del quiste y la fusión que presenta con los filamentos primarios de la branquia, así mismo se observa la vesícula digestiva que presenta una forma característica en "X", esta vesícula presentó movimientos circulares en las observaciones realizadas (Arguedas Cortés et al., 2009; Zamora-Roa et al., 2025).

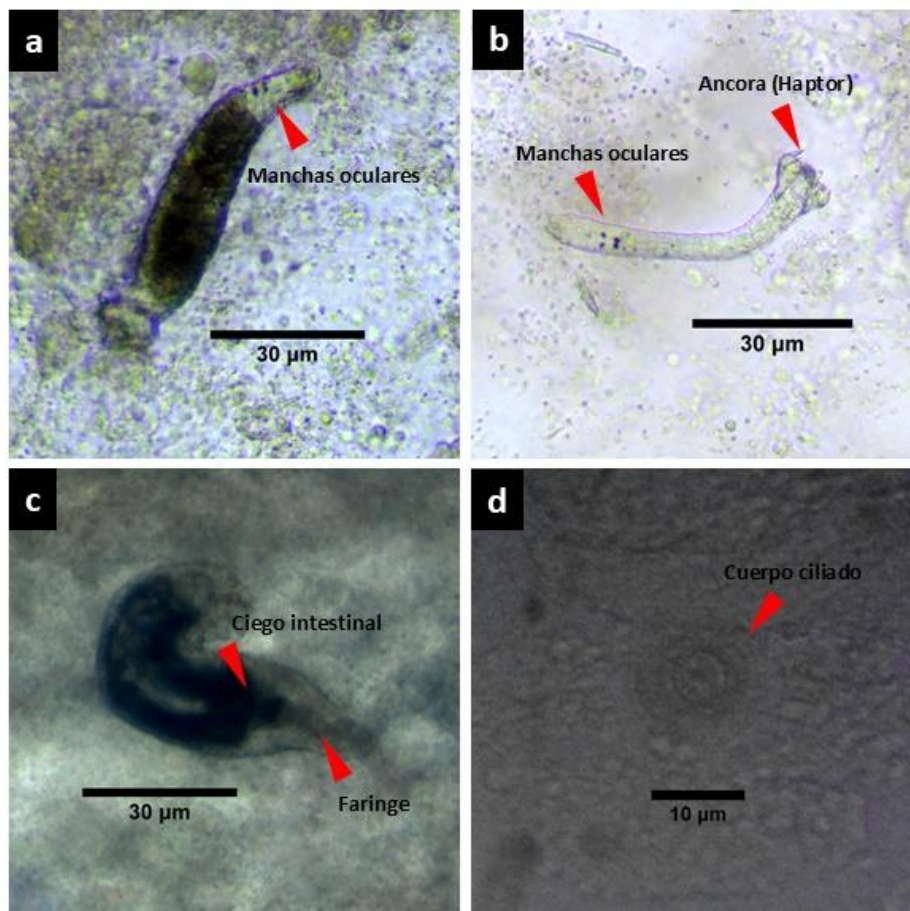


Figura 3. Micrografías de *C. carpio* var. *koi* en a) *Dactylogyrus* spp., en b) *Dawestrema* spp. y en c) *Gyrodactylus* spp., correspondientes a monogéneos (obs. a 10x), en d) se observa al protozooario ciliado *Trichodina* spp. (obs. a 40x)

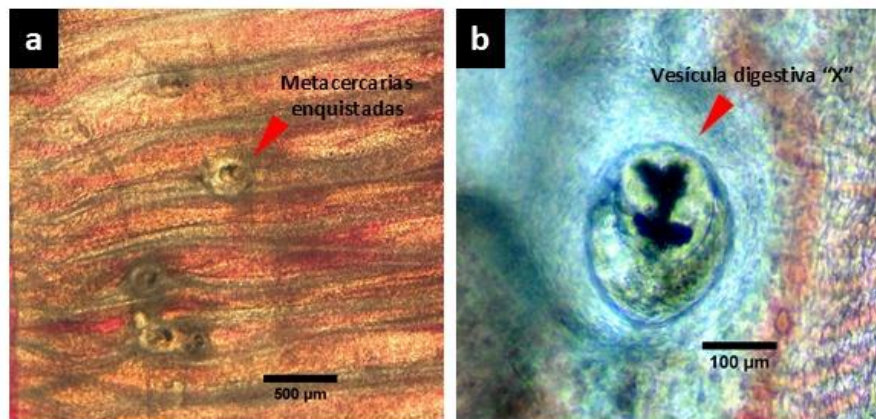


Figura 4. *Metacercarias* de *C. formosanus*, en a) presencia de múltiples quistes a nivel de branquias con un aumento de 4x, en b) ampliación de una metacercaria de *C. formosanus* (10x) y su distintiva vesícula digestiva en forma de "X"

Parámetros de la calidad del agua

La calidad del agua en el cultivo de especies acuícolas es determinante para su mantención y desarrollo; el manejo de la calidad del agua y el reconocimiento de los parámetros ideales potencian el cultivo de diferentes especies acuícolas (Karal Marx et al., 2020). La mantención de ejemplares de la especie *C. carpio* var. *koi* requiere de parámetros de calidad del agua que se han reportado para nitratos entre 0.4-0.8 mg L⁻¹, nitritos entre 0.1-3.5 mg L⁻¹, cloro de 0 mg L⁻¹, dureza de 100-250 mg L⁻¹, alcalinidad entre 100-140 mg L⁻¹, carbonatos de 100-200 mg L⁻¹ y pH entre 6.5-8.0 (Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable, 2018; Saint-Erne, 2019; Yanuhar et al., 2022). La presencia de valores fuera de estos intervalos conduce a un deterioro en la calidad del agua, y pone en riesgo la salud y la calidad de vida de los peces (Ojwala et al., 2018). Los resultados de este trabajo evidenciaron que los valores de nitritos (0.1 ± 0.4 mg L⁻¹), dureza (121.0 ± 0 mg L⁻¹) y pH (7.98 ± 0.1) se encontraron dentro del intervalo óptimo sugerido, no obstante, los valores determinados para nitratos (61.1 ± 20.2 mg L⁻¹), cloro (0.1 ± 0.3 mg L⁻¹), alcalinidad (203.0 ± 124.0 mg L⁻¹) y carbonatos (263.0 ± 89.8 mg L⁻¹) se encontraron fuera del intervalo recomendado para la mantención de ejemplares de *C. carpio* var. *koi*, evidenciando, áreas de oportunidad en la cadena de comercialización de estos peces de ornato.

Correlación de las cargas parasitarias y la calidad del agua

La relación parásito-hospedero, así como el desarrollo de enfermedades parasitarias, está influida por diferentes factores, entre ellos las características de patogenicidad y virulencia del parásito, así como el estado fisiológico del pez hospedero, el cual puede verse afectado negativamente por estresores externos, como la calidad del agua (Saengsitthisak et al., 2020). Asimismo, la estructura de la comunidad parasitaria puede variar en función de las condiciones ambientales; por ello, la evaluación de los efectos de la calidad del agua sobre las cargas parasitarias resulta relevante en distintos ambientes de producción acuícola (Adamba et al., 2020). Los resultados del presente trabajo permitieron observar algunos valores de correlación destacados entre la calidad del agua y las prevalencias parasitarias (**Figura 5**), los índices de correlación evidenciaron que la prevalencia de *Dactylogyrus* spp. y *Gyrodactylus* spp. presentaron correlación positiva con los nitratos con índices de Pearson de 0.6 y 0.9 respectivamente, mientras que la prevalencia de *Dawestrema* spp. se

correlacionó de forma positiva con los nitritos ($r=1.0$), evidenciando que la presencia de compuestos nitrogenados, pueden influir en la abundancia de monogéneos ectoparásitos de *C. carpio var. koi*, anteriormente se ha reportado en poblaciones de *Oreochromis niloticus* que los valores de nitritos y nitratos presentaron coeficientes de correlación de -1.0 y 0.9 respectivamente respecto a la presentación de *Dactylogyrus* spp. (Ageng'o et al., 2024), del mismo modo nuestros resultados son congruentes con lo reportado para *O. niloticus* del Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo, donde los monogéneos (*Dactylogyrus* spp., *Dawestrema* spp., *Cichlidogyrus* spp. y *Gyrodactylus* spp.) se correlacionaron de forma positiva con la presencia de nitritos y amonio (índice de Pearson entre $0.06 - 0.55$) (Acosta-Pérez et al., 2022), sin embargo, no se cuenta con reportes de correlación de la calidad del agua con poblaciones de carpas koi en la región de estudio. Por otro lado, la presencia de *Trichodina* spp. presentó correlación positiva con los carbonatos y con el pH, no obstante, la correlación fue débil ya que en ambos casos el índice de Pearson correspondió a 0.2 , en contraste, los valores de alcalinidad presentaron una fuerte correlación negativa ($r=-0.7$), este perfil de correlación presentó un comportamiento similar a lo reportado en el Estado de Hidalgo, donde la presencia de *Trichodina* spp. en cíclidos presentó correlaciones débiles para parámetros como dureza ($r=-0.1$) y pH ($r=0.28$) y correlación negativa respecto a los valores de alcalinidad ($r=-0.11$), lo que indica que una baja en los valores de alcalinidad puede dar paso al aumento poblacional de *Trichodina* spp. Asimismo, este protozoario ha reportado asociación con los valores de oxígeno disuelto, pH y temperatura (Ojwala et al., 2018), en cíclidos de África. Finalmente, la prevalencia de *C. formosanus* se vio correlacionada de forma positiva con los nitratos ($r=0.3$) y con valores de pH ($r=0.4$), aunque en general presentó correlación negativa con los parámetros de calidad del agua, entre ellos nitritos ($r=-0.4$), el cloro ($r=-0.4$), dureza ($r=-0.2$), alcalinidad ($r=-0.2$) y carbonatos ($r=-0.4$), evidenciando que no hay una tendencia de correlación, y que pese a la variación de los parámetros de calidad del agua, es viable la presencia de *C. formosanus* en las carpas examinadas. Además, la alta abundancia de *C. formosanus*, es un indicador de que otros factores pueden estar influenciando su presencia, entre ellos, la presencia de hospederos intermediarios en las granjas de origen de los peces, como el caracol *Melanoides tuberculata*, gasterópodo altamente invasivo que se ha reportado como su único hospedero primario (Pinto et al., 2018), así como la presencia de aves o mamíferos de hábitos ictiófagos, que permitan al trematodo continuar su ciclo de vida en la red trófica (Scholz, 2009). Ante este panorama, un manejo integral en términos de bioseguridad siempre será conveniente en el cultivo y movilización de pece de ornato y otros organismos acuícolas (Opiyo et al., 2020).

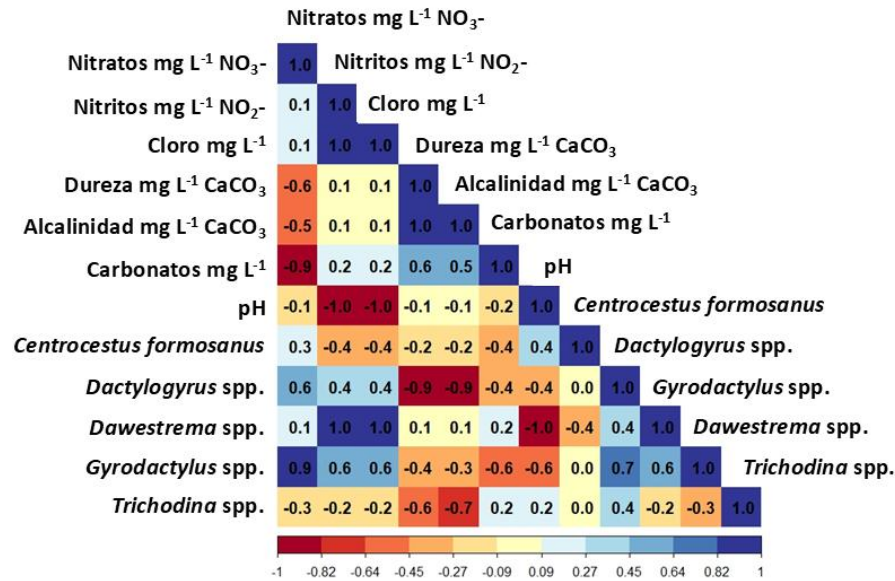


Figura 5. Matriz de correlación, se observan los índices de Pearson para la asociación entre las variables de calidad del agua y las cargas parasitarias observadas en los ejemplares de *Cyprinus carpio var. koi*

CONCLUSIONES

Las zonas urbanas como Pachuca de Soto representan puntos de venta de organismos acuáticos, como es el caso de los ejemplares de *C. carpio var. koi*, por ello, el estudio de la estructura parasitaria resulta en una importante fuente de información para el reconocimiento de la movilización de organismos y de la posible dispersión y coinroducción de patógenos asociados a los peces de ornato. En este estudio, la estructura de la comunidad parasitaria evidenció la presencia de cinco parásitos en las carpas analizadas, con conteos e índices ecológicos que evidenciaron un alto efecto de dominancia del trematodo *C. formosanus*, evidenciando un riesgo de morbilidad y afecciones respiratorias en los peces. Del mismo modo, la presencia de este parásito supone un riesgo de salud pública por el potencial zoonótico de la especie. Por otro lado, la calidad del agua mostró algunas deficiencias, entre las que destaca la presencia de compuestos nitrogenados y altos niveles de carbonatos, que, en diferentes medidas, pueden influir en la presencia de monogeneos, protozoarios y trematodos en las carpas analizadas. El estudio de las cargas parasitarias, puede contribuir a la mejora en la gestión epidemiológica de estos patógenos; del mismo modo, la evaluación del efecto de estresores ambientales como los asociados a la calidad del agua, puede coadyuvar en el reconocimiento de la compleja relación parásito-hospedero, para un mejor manejo de la sanidad acuícola en especies de alto valor ornamental como *C. carpio var. koi*.

AGRADECIMIENTOS

APZV, FRGA y VJAP son beneficiarios de las subvenciones SNII de SECIHTI, México.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Concepción y elaboración del manuscrito: Gómez-de-Anda F. R. y Acosta-Pérez V. J.

Toma de muestra: Villaseñor-Reyes G., Nájera-Alemán, P., Rabling-Olivera, J., González-Vázquez, J., Ubilla-Paredes, K. P. y Bell-Palacios, I. S.

Recogida de datos: Villaseñor-Reyes G., Nájera-Alemán, P., Rabling-Olivera, J., González-Vázquez, J., Ubilla-Paredes, K. P. y Bell-Palacios, I. S.

Análisis de datos: Acosta-Pérez V. J.

Discusión de resultados: Gómez-de-Anda F. R., Zepeda-Velázquez A.P. y Acosta-Pérez V. J.

Revisión y aprobación: Gómez-de-Anda F. R., Zepeda-Velázquez A.P. y Acosta-Pérez V. J.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Pérez, V.-J., Vega-Sánchez, V., Fernández-Martínez, T.-E., Zepeda-Velázquez, A.-P., Reyes-Rodríguez, N.-E., Ponce-Noguez, J.-B., Peláez-Acero, A., De-la-Rosa-Arana, J.-L., & Gómez-De-Anda, F.-R. (2022). Physicochemical water quality influence on the parasite biodiversity in juvenile tilapia (*Oreochromis* spp.) farmed at Valle del Mezquital in the Central-Eastern socioeconomic region of Mexico. *Pathogens*, *11*(10), 1076. <https://doi.org/10.3390/pathogens11101076>
- Adamba, S. W. K., Otachi, E. O., & Ong'ondo, G. O. (2020). Parasite communities of *Oreochromis niloticus baringoensis* (Trewavas, 1983) in relation to selected water quality parameters in the Springs of Lorwai Swamp and Lake Baringo, Kenya. *Acta Parasitologica*, *65*(2), 441–451. <https://doi.org/10.2478/s11686-020-00178-2>
- Ageng'o, F. O., Waruiru, R. M., Wanja, D. W., Nyaga, P. N., Hamisi, M. M., Khasake, C. N., Wainaina, J. M., Munde, B. M., Mbuthia, P. G., Kamuti, N. M., Ali, S. E., Tavoranpanich, S., Keya, E. A., & Chadag, M. V. (2024). Relationship between water quality parameters and parasite infestation in farmed *Oreochromis niloticus* in selected Rift Valley Counties, Kenya. *Aquaculture Research*, *2024*(1). <https://doi.org/10.1155/2024/6139798>
- Aragón-Pech, R. A., Ruiz-Piña, H. A., Rodríguez-Vivas, R. I., Cuxim-Koyoc, A. D., & Reyes-Novelo, E. (2018). Prevalence, abundance and intensity of eggs and oocysts of gastrointestinal parasites in the opossum *Didelphis virginiana* Kerr, 1792 in Yucatan, Mexico. *Helminthologia*, *55*(2), 119–126. <https://doi.org/10.2478/helm-2018-0008>
- Arguedas Cortés, D., Dolz, G., J. Romero Zúñiga, J., E. Jiménez Rocha, A., & León Alán, D. (2009). *Centrocestus formosanus* (Opisthorchiida: Heterophyidae) como causa de muerte de alevines de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Perciforme: Cichlidae) en el Pacífico seco de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, *58*(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.5423>
- Berman, J. J. (2018). Indispensable tips for fast and simple Big Data Analysis. In *Principles and Practice of Big Data* (pp. 231–257). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815609-4.00011-X>
- Bocek, A. (1991). *Transporte de peces*

<https://aurora.auburn.edu/bitstream/handle/11200/49657/Spanish Transporting Fish.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Coelho Florindo, M., Tomas Jeronimo, G., Dordete Steckert, L., Acchile, M., Tavares Goncalves, E., Cardoso, L., & Laterca Martins, M. (2017). Protozoan parasites of freshwater ornamental fish. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(5), 948–956. <https://doi.org/10.3856/vol45-issue5-fulltext-10>
- Cruz García, F., Lara Reimers, E. A., García Hernández, A. R., Uresti Duran, D., Gonzales Fuentes, J. A., Encina Domínguez, J. A., & Uribe Salazar, Y. (2015). Estudio de plantas medicinales en el municipio de Pachuca de Soto Hidalgo, México. *Polibotánica*, 39. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.13>
- Elisafitri, M., Satyantini, W. H., Arief, M., & Sulmartiwi, L. (2021). Parasitic disease in Koi fish (*Cyprinus carpio*) in freshwater ponds with different densities in Sukabumi, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 718(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/718/1/012050>
- Henrique, J., Vazquez, M., Siqueira, L., Cruz, M., da Silveira, L., & Ricardo, D. (2019). Technical and economic feasibility of food strategies in the hatchery of *Cyprinus carpio* (Cypriniformes, Cyprinidae) in a recirculating aquaculture system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(4), 626–637. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue4-fulltext-5>
- HIPRA. (2024). *Icthiopathology Fish Necropsy Manual*. https://d2557uuh057o9h.cloudfront.net/1f43b5a4-2879-4fc9-9084-8d6e7a4d5859/f38934be-6e32-4f25-9702-9fc5f91f936a/f38934be-6e32-4f25-9702-9fc5f91f936a_viewable_rendition__v.pdf
- Hoshino, É. de M., Hoshino, M. D. F. G., & Tavares-Dias, M. (2018). Parasites of ornamental fish commercialized in Macapá, Amapá State (Brazil). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 27(1), 74–79. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612018002>
- Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable. (2018). *Acuicultura-Peces de ornato*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-peces-de-ornato#:~:text=En México se comercializan anualmente,federativas de la República Mexicana>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2020 Hidalgo*.
- Karal Marx, K., Rathipriya, A., Sundaray, J. K., & Muthu Abishag, M. (2020). Water Quality Management in aquaculture. In *Broodstock management and fish seed production* (pp. 119–134). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003111689-13>
- Lavalle, C., Clarence, S., Khan, H., Shires, K., & Parrott, J. (2025). Current research and guidelines for euthanasia in laboratory fish with a focus on fathead minnows. *Laboratory Animals*, 59(3), 319–331. <https://doi.org/10.1177/00236772241288146>
- Maftuch, M., Sanoesi, E., Farichin, I., Saputra, B. A., Ramdhani, L., Hidayati, S., Fitriyah, N., & Prihanto, A. A. (2018). Histopathology of gill, muscle, intestine, kidney, and liver on *Myxobolus* sp.-infected Koi carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Parasitic Diseases*, 42(1), 137–143. <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0955-x>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (M. y T. SEA (Ed.); M&T–Manual). M&T–Manuales y Tesis SEA vol. 1. Zaragoza.

- Morris, T. C., van der Ploeg, J., Bih Awa, S., van der Lingen, C. D., & Reed, C. C. (2019). Parasite community structure as a predictor of host population structure: An example using *Callorhinchus capensis*. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, *8*, 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.03.007>
- Muthiah, M. (2014). *Seeds and Live Fishes To and From Watershed Ponds* (F. (p. 12). A. P. En N. Sangeeta & K. Nirmal (Eds.) (Ed.); En N. Sang). En N. Sangeeta & K. Nirmal (Eds.), *Fisheries* (p. 12). Allied Printers.
- Ojwala, R. A., Otachi, E. O., & Kitaka, N. K. (2018). Effect of water quality on the parasite assemblages infecting Nile tilapia in selected fish farms in Nakuru County, Kenya. *Parasitology Research*, *117*(11), 3459–3471. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6042-0>
- Opiyo, M., Mziri, V., Musa, S., Kyule, D., Hinzano, S., Wainaina, M., Magondu, E., Werimo, K., & Ombwa, V. (2020). Fish disease management and biosecurity systems. *Status of Aquaculture in Kenya*, 97–126. <https://www.researchgate.net/publication/351050775>
- Paopun, Y., Thanomchat, P., & Kronburee, N. (2024). *Colocasia esculenta* (L.) Schott (Wild Taro): Calcium Oxalate crystals in leaf and petiole using light microscopy, scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy. *The Journal of The Microscopy Society of Thailand*, *37*(1), 1–7. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/mmres/article/view/251482/170949>
- Paredes-Trujillo, A., Cano Rufino, L., & Hernández-Pérez, A. (2024). Parasites of veterinary importance of ornamental fish commercialized in Mexico. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, *56*, 101134. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2024.101134>
- Pietsch, C., & Hirsch, P. (Eds.). (2015). *Biology and Ecology of Carp*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18547>
- Pinto, H. A., Gonçalves, N. Q., López-Hernandez, D., Pulido-Murillo, E. A., & Melo, A. L. (2018). The life cycle of a zoonotic parasite reassessed: Experimental infection of *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) with *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae). *PLOS ONE*, *13*(4), e0194161. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194161>
- Pinto, H. A., Mati, V. L. T., & Melo, A. L. (2014). Metacercarial Infection of Wild Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Brazil. *The Scientific World Journal*, *2014*, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2014/807492>
- Rebollar-Zamorano, M., Morales-Ubaldo, A. L., González-Alamilla, E. N., Ángeles-Rodríguez, A., Valladares-Carranza, B., Velásquez-Ordoñez, V., Rivero-Pérez, N., & Zaragoza-Bastida, A. (2020). Análisis epidemiológico retrospectivo de Distemper Canino en la ciudad de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, *7*(1), 40–46.
- Ribeiro, F. D. A. S., Preto, B. D. L., & Fernandes, J. B. K. (2009). Sistemas de criação para o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, *30*(4). <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i4.685>
- Rivera Pérez, C., & Hernández Saavedra, N. Y. (2021). Compuestos bioactivos derivados de moluscos marinos. *Recursos Naturales y Sociedad*, *7*(2), 61–84. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2021.07.07.02.0005>
- Rodríguez-Gutiérrez, M., Olivares-Orozco, J. L., & Pineda-Escobar, M. E. (2025). Origen y diversidad genética de la carpa común (*Cyprinus carpio*). *Ciencia Pesquera*, *33*(1), 29–50. <https://doi.org/10.64106/cienciapesquera.v33i1.47>

- Saengsitthisak, B., Punyapornwithaya, V., Chaisri, W., Mektrirat, R., Bernard, J. K., & Pikulkaew, S. (2020). The current state of biosecurity and welfare of ornamental fish population in pet fish stores in Chiang Mai Province, Thailand. *Veterinary Integrative Sciences*, 19(2), 277–294. <https://doi.org/10.12982/VIS.2021.025>
- Saint-Erne, N. (2019). *Water Quality in Koi Practice - WSAVA 2019 Congress - VIN. World Small Animal Veterinary Association Congress Proceedings, 2019*. 2019. <https://www.vin.com/apputil/project/DefaultAdv1.aspx?pId=24437&SAId=-1&id=9382754>
- Sasanami, M., Hustedt, J., Alexander, N., Horstick, O., Bowman, L., Hii, J., Echaubard, P., Braack, L., & Overgaard, H. J. (2021). Does anthropogenic introduction of guppy fish (*Poecilia reticulata*) impact faunal species diversity and abundance in natural aquatic habitats? A systematic review protocol. *Environmental Evidence*, 10(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s13750-021-00248-6>
- Scholz, T. (2009). The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: A Review. *The American Midland Naturalist*, 143, 185–200. [https://doi.org/https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2000\)143\[0185:TIADOC\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1674/0003-0031(2000)143[0185:TIADOC]2.0.CO;2)
- Secretaría de Salud. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*. Diario Oficial de La Federación. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm>
- Sepulveda, M. S., & Kinsella, J. M. (2013). Helminth collection and identification from wildlife. *Journal of Visualized Experiments*, 82. <https://doi.org/10.3791/51000>
- Sermwatanakul, A. (2019). Capacitating the local farmers to enhance global marketing of Thailand's national aquatic animal, the Siamese fighting fish. *Fish for the People*, 17(2), 42–48. <http://repository.seafdec.org/bitstream/handle/20.500.12066/5516/Siamese-fighting-fish.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva, J. O. S., Stabile, B. H. M., da Graça, R. J., Oliveira, A. V., & Takemoto, R. M. (2024). Ornamental fish mortality reveals an old parasite introduction: A case study of Koi carp and fish louse. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 51, 101034. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2024.101034>
- Steckler, N. (2016). Koi Diseases and Treatments : 5 Most Common Pathogens and Their Treatments. *Aquatic Medicine*, 1309–1311.
- Sumuduni, B. G. D., Munasinghe, D. H. N., & Arulkanthan, A. (2020). Investigation of complete life cycle and species identification of a digenean gill parasite *Centrocestus* sp. infesting Koi carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) using morphology and morphometric characters. *Ceylon Journal of Science*, 49(2), 185. <https://doi.org/10.4038/cjs.v49i2.7739>
- Sumuduni, B., Munasinghe, D., & Arulkanthan, A. (2017). Survivability and Transmission rate of *Centrocestus* sp . Cercariae to early fingerlings of Koi carp (*Cyprinus carpio*) and letal number of parasites to fry with site preference of infection. *Journal of Fisheries and Life Science*, 35–39.
- Vélez-Hernández, E. M., Constantino-Casas, F., García-Márquez, L. J., & Osorio-Sarabia, D. (1998). Gill lesions in common carp, *Cyprinus carpio* L., in Mexico due to the metacercariae of *Centrocestus formosanus*. *Journal of Fish Diseases*, 21(3), 229–232. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1998.00091.x>
- Wilson, J. (2019). Parasites of the invasive tilapia *Oreochromis mossambicus*: evidence for co-introduction. *Aquatic Invasions*, 14(2), 332–349. <https://doi.org/10.3391/ai.2019.14.2.11>
- Yanuhar, U., Musa, M., Evanuarini, H., Wuragil, D. K., & Permata, F. S. (2022). Water quality in Koi

Fish (*Cyprinus carpio*) concrete ponds with filtration in Nglegok District, Blitar Regency. *Universal Journal of Agricultural Research*, 10(6), 814–820.
<https://doi.org/10.13189/ujar.2022.100619>

Zamora-Roa, E., Castelán-Rosas, L. R., Vega Sánchez, V., Vega Sánchez, V., Icon, O., Cordero López, A. P., Gómez de Anda, F. R., & Acosta Pérez, V. J. O. (2025). *Centrocestus formosanus* (Heterophyidae) infection in ornamental fish *Cyprinus carpio var. koi* (Cyprinidae): in Mexico center. *Aquatic Animal Reports (AQAR)*, 1.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.15542999>