



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO
ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO
NATIVO MOJARRA CRIOLLA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
M A E S T R O E N M A N E J O
D E
R E C U R S O S N A T U R A L E S

P R E S E N T A
BIÓL. HÉCTOR EDUARDO FRANCO COTERO

DIRECTOR

DR. MARCO POLO FRANCO ARCHUNDIA

CODIRECTOR

M. EN C. MIGDALIA DÍAZ VARGAS

CUERNAVACA, MORELOS

MAYO, 2026



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO
ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO
NATIVO MOJARRA CRIOLLA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
M A E S T R O E N M A N E J O
D E
R E C U R S O S N A T U R A L E S

P R E S E N T A
BIÓL. HÉCTOR EDUARDO FRANCO COTERO

DIRECTOR

DR. MARCO POLO FRANCO ARCHUNDIA

CODIRECTOR

M. EN C. MIGDALIA DÍAZ VARGAS

CUERNAVACA, MORELOS

MAYO, 2026



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

Agradecimientos

Agradezco a la Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por todo el apoyo brindado durante mi trayectoria académica en esta maestría.

Al Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por el espacio brindado para realizar las actividades correspondientes.

Con profunda estima y cariño a mis asesores Marco y Migdalia por siempre estar pendientes de mi desarrollo profesional y a mis sinodales Judith, Gaby, Oly y Ana por apoyarme siempre.

Dedicatoria

A mi madre, Lucerito.

Te amo mamá todo es por ti.

Índice

Introducción	1
 Capítulo 1: efecto del alimento vivo en la coloración, crecimiento y sobrevivencia de crías del cíclido nativo mojarra criolla.....	 5
Objetivos.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivo específico	5
Materiales y métodos	5
Cultivo de <i>Daphnia Magna</i> y recolecta de <i>Culex quinquefasciatus</i>	5
Obtención y aclimatación de los peces	7
Periodo experimental	8
Análisis estadísticos.....	9
Resultados.....	9
Discusión	13
Conclusión	15
 Capítulo 2. los macroinvertebrados acuáticos del río apatlaco, morelos: uso potencial como alimento vivo en la acuacultura.	 15
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos	15
Materiales y métodos	15
Área de estudio: El río Apatlaco.....	15
Recolección de los macroinvertebrados	18
Identificación de los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos. ..	18

Selección de macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo	18
Resultados.....	19
Discusión	26
Conclusión	27
Perpectivas.....	28
Anexo.....	30
Referencias	44

Introducción

La acuicultura es uno de los sectores económicos más demandantes en las últimas décadas, esta situación se atribuye al crecimiento exponencial global de la población (Tacon, 2020). La nutrición de estos peces se lleva a cabo mediante alimento comercial, el cual está hecho de harina, desechos de pescado o crustáceos. Este alimento posee las características nutrimentales esenciales para el correcto desarrollo de los peces, sin embargo, es sometido a diferentes procesos de calor y presión que desencadenan la desnaturalización de los nutrientes, lo cual afecta negativamente su biodisponibilidad y disminuye su eficiencia (Luthada-Raswiswi et al., 2021). El alimento comercial no presenta movilidad propia y sin este estímulo los peces pueden no consumirlo. El alimento que no es ingerido puede acumularse al fondo del sistema y modificar los factores físicos y químicos del agua y, en consecuencia, afectar la salud de los peces (Luna-Figueroa et al., 2019). El aumento de la acuicultura en el mundo incrementa la necesidad de utilizar alimentos con mayor porcentaje de proteína (Arce et al., 2018). Para satisfacer estas necesidades, la disponibilidad del alimento comercial tiene que aumentar a gran escala (Boyd et al., 2020). Por lo que, es esencial incrementar la búsqueda de nuevas alternativas de origen animal y vegetal con mayor valor nutrimental en la alimentación para el cultivo de peces (Gasco et al., 2018). Dentro de estas alternativas se encuentran los macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados son una excelente alternativa a la problemática alimenticia en la acuicultura moderna, debido a que son organismos que funcionan como cápsulas que contienen los nutrimentos esenciales naturales (Luna-Figueroa y Arce, 2017). Estos macroinvertebrados presentan características como ciclos de vida cortos, lo que los hace viables para cultivar. En este sentido, los cultivos de macroinvertebrados tienen que ser sostenibles, rentables y económicos para que los productores los realicen en sus instalaciones acuícolas. Actualmente, existe una amplia variedad de organismos invertebrados que son empleados en la alimentación de peces de cultivo. Algunos ejemplos de estos organismos son la artemia (*Artemia franciscana*; Kellog 1906), el micro-gusano (*Panagrellus redivivus*; Linnaeus, 1758), la pulga de agua (*Daphnia pulex*; Linnaeus, 1758), el gusano de fango (*Tubifex tubifex*; Müller, 1774) y el gusano de harina (*Tenebrio molitor*; Linnaeus 1758). Sin embargo, el cultivo y manejo de la mayoría de estos organismos es costoso y no todos los

productores tienen acceso a su comercialización. El uso de nuevas alternativas de macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo en el cultivo de peces puede mejorar la alimentación de los peces de cultivo (Suárez-Dauget et al., 2023). Los beneficios directos de esta alimentación son coloraciones más intensas, mayor crecimiento, un sistema inmunológico equilibrado y mayor actividad de los peces (Stevens et al., 2017). Los peces nutridos con alimento vivo presentan una mejor reproducción, ya que la frecuencia de desove, el número de huevos y el número de crías es mayor a comparación de los peces alimentados con extruidos comerciales como pellets de harina de pescado (Luna-Figueroa, 2002; Guedes et al., 2015; Chambilla et al., 2021). En la actualidad, la información sobre el uso de nuevas alternativas de alimento vivo y la mejora en los diferentes aspectos en el cultivo de peces es escasa (García-Rodríguez et al., 2020; González-Flores et al., 2022). La mayor parte de los estudios abarcan investigaciones con alimentos vivos ya establecidos, otros más tienen como objetivo dilucidar las interacciones de la alimentación nativa de los peces en los nichos que habitan. El alimento vivo en la actualidad es una opción eficiente y económica en la nutrición de peces, ya que estos organismos funcionan como “cápsulas” de nutrientes. Los nutrientes que contienen los organismos utilizados como alimento vivo, son los adecuados para una dieta completa y balanceada. Aunado a que llegan intactos hasta su consumo, son atractivos para los peces y de fácil digestión (Luthada-Raswiswi et al., 2021).

González-Flores et al. (2017) evaluaron el efecto de utilizar larvas de mosquito y cladóceros como alimento vivo en la dieta del pez pangasio (*Pangasianodon hypophthalmus*; Sauvage, 1878) con la finalidad de mejorar su crecimiento y coloración comparado con peces cuya dieta fue con alimento comercial. Los peces alimentados con larvas de mosquito mostraron mayor tamaño en longitud, mayor masa y coloraciones más intensas. Los peces que presentan colores más intensos son más vistosos y pueden comercializarse más rápido que aquellos peces menos coloridos. El efecto del alimento vivo en la coloración y crecimiento del pez guppy (*Poecilia reticulata*; Peters, 1958) fue evaluado con una dieta basada en cladóceros, anélidos y crustáceos comparada con una dieta basada en hojuelas comerciales. Los resultados del estudio mostraron que las hembras y machos del pez guppy presentan colores más intensos cuando sus dietas se basan en alimento vivo. En cuestión de crecimiento, los peces alimentados con crustáceos se desarrollaron en menos tiempo que los

alimentados con las demás dietas (Arce et al., 2018). El crecimiento de los peces es un factor fundamental en la acuicultura comercial, ya que refleja un estado de salud equilibrado y favorece su comercialización. Por otra parte, el índice de supervivencia, frecuencia de desove y número de huevos del pez ángel (*Pterophyllum scalare*; Schultze, 1823) y el pez cebra (*Danio rerio*; Hamilton, 1822) fue comparado con base en dietas de alimento vivo (larvas de mosquito) y alimento comercial. En todos los casos, los peces mostraron una mayor biomasa al final del experimento, la frecuencia de desove aumentó desde un 25% hasta un 75% y la proporción de huevos difirió entre un 42% y 88% (Luna-Figueroa et al., 2019). Las dietas basadas en alimento vivo incrementan la supervivencia de los peces, lo cual favorece directamente a la acuicultura comercial ornamental y de consumo humano. El uso de alimento vivo mejora las características fenotípicas y el comportamiento de los peces. La conducta predatoria de los peces cultivados en cautiverio es esencial en proyectos de conservación y reintroducción a la naturaleza (Ceballos et al., 2015). En este sentido, la utilización de alimento vivo en el cultivo de peces funciona como un aliciente en el desarrollo del nado de estos organismos, además de promover las conductas necesarias de búsqueda, localización y obtención de alimento (Botero, 2004).

Los peces que habitan en ambientes dulceacuícolas conforman un grupo diverso y abundante, ya que suman más de 18,000 especies a nivel mundial. Sin embargo, son un grupo altamente vulnerable debido a que son susceptibles a distintos cambios en su hábitat (Ceballos et al., 2015). Los retos que enfrentan estos peces a las actividades humanas que se realizan cerca o dentro de sistemas acuáticos son altos. Estos cambios generan la contaminación del sistema y con ello, la modificación de los parámetros físicos y químicos del agua. Además de que la sobrepesca (para consumo o deportiva) y la introducción de especies exóticas invasoras forman parte también de esta problemática (Duncan y Lockwood, 2001). En el año 2021, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) publicó una evaluación del estatus de conservación de los peces dulceacuícolas. Este estudio muestra que al menos una cuarta parte de los 10,481 peces registrados cuentan con las características necesarias para insertarse en alguna categoría de riesgo. Para México, se encuentran 195 especies de peces dulceacuícolas registradas bajo alguna categoría de amenaza (NOM-059-SEMARNAT-2010), la mayoría en peligro de extinción. La diversidad

de peces dulceacuícolas en el estado de Morelos consta aproximadamente de 31 especies, de las cuales, el 37% son únicamente especies nativas. El cuidado del hábitat y la reintroducción o traslocación de especies nativas y endémicas a sus sistemas de distribución natural es un factor crítico en la conservación de estas especies (Contreras-MacBeath et al., 2020). La conservación de peces dulceacuícolas es primordial para la ecología de todos los sistemas acuáticos. En este sentido, el aumento del conocimiento del cultivo de peces nativos en cautiverio es fundamental para su desarrollo y posible reintroducción a la naturaleza.

La mojarra criolla *Amphilophus istlanus* (Jordan y Snyder, 1899) es el único cíclido nativo en la cuenca del río Balsas y se ha reportado su disminución en las poblaciones debido a varios factores como la pesca excesiva, la presencia de contaminantes y la presencia de peces invasores (Contreras-MacBeath et al., 1998; Mejía Mojica et al., 2012; Archundia y Arce, 2019). Luna-Figueroa (2007) realizó un estudio comparativo sobre la influencia del alimento vivo contra alimento comercial sobre la longitud total y supervivencia de juveniles de mojarra criolla. En este trabajo se concluyó que los peces cuya dieta se basó en alimento vivo (larva de mosquito) presentaron mayor longitud total y la tasa de sobrevivencia fue mayor que los peces cuya dieta consistió en alimento comercial. La alimentación eficiente de este cíclido nativo en cautiverio influye directamente en su coloración y crecimiento, por lo que mejorar estas características biológicas en su cultivo son vitales para que su reproducción sea exitosa. El mantenimiento y cultivo de este cíclido nativo es crucial para su posible reintroducción a la naturaleza y evitar que en los próximos años se encuentre vulnerable o en peligro de extinción en la cuenca del Balsas. La relación entre la nutrición con base alimento vivo y la mejora de características fenotípicas en estadios tempranos de peces cíclidos es escasa. Este conocimiento es vital para evitar mortalidades en las etapas críticas del desarrollo de estos peces.

Capítulo 1: Efecto del alimento vivo en la coloración, crecimiento y sobrevivencia de crías del cíclido nativo mojarra criolla.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto que tiene el alimento vivo y comercial en el crecimiento, coloración y sobrevivencia de crías de la mojarra criolla.

Objetivo específico

- Cuantificar el crecimiento, coloración y sobrevivencia de crías de la mojarra criolla con *Daphnia magna*, *Culex quinquefasciatus* y alimento comercial.

Materiales y métodos

Cultivo de Daphnia Magna y recolecta de Culex quinquefasciatus.

La cepa inicial de pulga de agua *Daphnia magna* (Linnaeus) se obtuvo de un acuario en el estado de Morelos, posteriormente se trasladó al Laboratorio de Acuicultura e Hidrobiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM para su identificación y cultivo. La identificación de la pulga de agua se realizó con un microscopio compuesto Leica Microsystem DM500 con módulo de cámara integrado ICC50 (Wetzel y Likens, 1979) y se utilizó taxonomía morfológica, bibliografía especializada y evidencia fotográfica (Thorp y Rogers, 2014; Mittmann et al., 2014; Figura 1).

Figura 1. Pulga de agua *Daphnia magna* en microscopio compuesto, objetivo 10X
(Imagen propia).



El cultivo de pulga de agua se realizó en los meses de junio y julio del 2024. En el periodo inicial (25 días), se utilizaron 10 cubetas de 20 L para mantener un cultivo escalonado a cielo abierto. Estos recipientes se llenaron con agua potable (15 L) y agua con presencia de fitoplancton (5 L; García-Rodríguez et al., 2020). Posteriormente cada 3 a 5 días, se añadieron 10 gramos de levadura de pan (*Sacharomyces cerevisiae*; Meyen) diluida en 1 L de agua con fitoplancton, con la finalidad de fertilizar el cultivo y reponer el agua perdida por la evaporación. En el periodo secundario, se utilizó un tanque de 600 L a cielo abierto que se preparó con 450 L de agua potable y 40 litros de agua con fitoplancton. Una vez realizado, se filtraron 100 g de pulga de agua con una malla con apertura de 0.5 mm de las cubetas y se colocaron en el tanque. De igual forma, la solución de levadura de pan se añadió al cultivo cada 3 a 5 días en función de la pérdida de agua por evaporación. En ambos periodos del cultivo, los parámetros físicos y químicos del agua se monitorearon constantemente y se

mantuvieron óptimos para el crecimiento de estos organismos (temperatura de 24.9 ± 0.09 °C, oxígeno de 8.9 ± 0.07 mg/L y pH de 9.5 ± 0.08 ; García-Rodríguez et al., 2020).

Debido a que los tanques de cultivo de pulga de agua se colocaron a cielo abierto, los mosquitos *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) depositaron sus huevos en estos recipientes. Posteriormente, las larvas se recolectaron y se utilizaron en el experimento. Para evitar la presencia de especies transmisoras de enfermedades, estas larvas se identificaron en el Centro Regional de Control de Vectores (CERECOVE) que pertenece a los Servicios de Salud de Morelos (SSM). Para esta identificación se utilizó un microscopio compuesto Leica Microsystem DM700, taxonomía morfológica y bibliografía especializada (Da Cunha Sais et al., 2003; Thorp y Rogers, 2014). Todas las larvas se identificaron como la especie *Culex quinquefasciatus*. Tanto la pulga de agua, como las larvas de mosquito presentan distintos porcentajes nutricionales (Figura 2).

Figura 2. Análisis bromatológico de la pulga de agua y larvas de mosquito (Luna-Figueroa y Figueroa, 2003).

Registro	Pulga de agua <i>Daphnia</i> sp.	Larvas de mosco <i>C. quinquefasciatus</i>
Proteínas (%)	53.57	42.59
Lípidos (%)	19.37	10.69
Carbohidratos (%)	4.30	7.68
Fibra (%)	3.5	7.13

Obtención y aclimatación de los peces

Se obtuvieron 45 crías de mojarra criolla de la reproducción en cautiverio en el Laboratorio de Acuicultura e Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM. Los peces experimentales tuvieron 45 días de nacidos y se colocaron en un tanque de aclimatación de 120 L a una temperatura de 28 ± 1.0 °C, oxigenación constante de 5.8 mg/L, pH de 7 y un fotoperiodo 12:12 h luz: oscuridad (Arce et al., 2018; Franco y Arce, 2022). Se colocaron 20 refugios en el tanque (tubos de PVC de 5 cm de diámetro y 12 cm de longitud; Archundia y Arce, 2019) las paredes se cubrieron con papel color blanco mate con el objetivo de igualar la luminosidad, por que el color de las paredes de los tanques puede afectar la

coloración de los peces (MatNawang et al., 2019). Las crías del cíclido nativo se alimentaron durante 30 días a una mezcla de 1:1:1 con las dietas de alimento vivo y alimento comercial. Todos los peces se alimentaron a saciedad dos veces al día: a las 9:00 h y a las 16:00 h (Thongprajukaew et al., 2011; Archundia et al., 2018). Las heces y los restos de comida se retiraron diariamente con un sifón.

Periodo experimental

Después del período de aclimatación de 30 días, los 45 peces de mojarra criolla se dividieron al azar en tres grupos experimentales de 15 individuos. El primer grupo experimental consistió en la dieta de pulga de agua ($n= 15$), el segundo grupo experimental con la dieta de larva de mosquito ($n= 15$) y el tercer grupo experimental con la dieta del alimento comercial ($n= 15$). Cada grupo experimental se dividió en tres tanques de 45 litros (cinco crías por tanque), de tal forma que cada grupo experimental tuvo tres replicas. Las características de estos tanques y las condiciones físicas y químicas del agua se mantuvieron iguales que en el período de aclimatación, a diferencia de que sólo se colocaron tres refugios en cada tanque replica. Al comienzo del período experimental, los peces se mantuvieron sin alimento durante 24 h antes del análisis biométrico para asegurar la evacuación gástrica completa (Vasudhevan y Asokan, 2017). La longitud total de los peces se verificó con un vernier (INSIZE; 0,01 mm) y la masa se cuantificó con una balanza (OHAUS; 0,01 g). Todos los peces se alimentaron a saciedad diariamente a las 9:00 h y a las 16:00 h (Thongprajukaew et al., 2011; Arce et al., 2018) y las heces y los restos de comida se retiraron diariamente con un sifón. La sobrevivencia, el valor del crecimiento absoluto (CA) y la tasa de crecimiento absoluto (TCA) para la masa y la longitud total se calcularon por separado, con las siguientes formulas:

$$\text{Sobrevivencia} = s_2 - s_1$$

$$\text{CA} = l_{t2} - l_{t1}$$

$$\text{TCA} = (l_{t2} - l_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{CA} = m_2 - m_1$$

$$\text{TCA} = (m_2 - m_1) / (t_2 - t_1)$$

Donde: s=sobrevivencia, m= masa, Lt= longitud total y t= tiempo

Para el análisis de coloración, las 45 crías de mojarra criolla se colocaron individualmente en un tanque fotográfico transparente de 12 x 12 x 5 cm al inicio y al final del experimento. Este tanque se colocó en una caja de 40 x 40 x 50 cm con paredes color blanco mate y con luz blanca (Arce et al., 2018). Las características físicas y químicas del agua se mantuvieron iguales que el periodo de aclimatación y experimental. Se utilizó una cámara digital profesional Canon EOS R7 que se colocó a 30 cm del tanque fotográfico para la captura de imágenes laterales de cada pez. El color de dichas imágenes fue analizado de la zona del pedúnculo caudal de cada pez en un área similar (10 mm²) y se utilizó el software Image J para cuantificar la intensidad del color de cada individuo (Schneider et al., 2012).

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron en software R v.4.0.3 y se reportaron los datos con promedios y desviación estándar (significancia estadística de $p < 0.05$). La normalidad, la homocedasticidad y la independencia de los datos se verificó con una prueba de Shapiro-Wilk y mediante inspección visual de los residuales. La longitud total, masa y coloración de la mojarra criolla fueron comparadas con un ANOVA cuando los datos presentaron normalidad y una prueba de Kruskal-Wallis cuando los datos no fueron normales. Los factores categóricos fueron los grupos experimentales: pulga de agua, larva de mosquito y alimento comercial. Las variables cuantitativas fueron la coloración, masa y longitud total.

Se realizaron pruebas posthoc para comparar entre grupos experimentales al final del experimento. Se utilizó la prueba Tukey cuando los datos presentaron normalidad y Wilcoxon para los datos no paramétricos.

Resultados

Todas las crías tuvieron una sobrevivencia del 100%. La TCA de la longitud total fue mayor en las crías cuya dieta estuvo basada en larvas de mosquito con 0.96 mm por día, mientras que para los peces alimentados con pulga de agua fue de 0.68 mm por día y para los peces con dieta basada en alimento comercial fue 0.48 mm por día (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa y crecimiento absoluto de la longitud total de la mojarra criolla bajo distintos tipos de dietas. Se muestra el promedio y la desviación estándar.

Registro	Pulga de agua	Larva de mosquito	Alimento comercial
Longitud total inicial (mm)	21.50 $\pm$ 1.60	22.08 $\pm$ 1.81	22.94 $\pm$ 1.85
Longitud total final (mm)	41.22 $\pm$ 2.37	49.92 $\pm$ 4.96	37.02 $\pm$ 3.74
CA (mm)	19.72	27.84	14.08
TCA (mm/día)	0.68	0.96	0.48

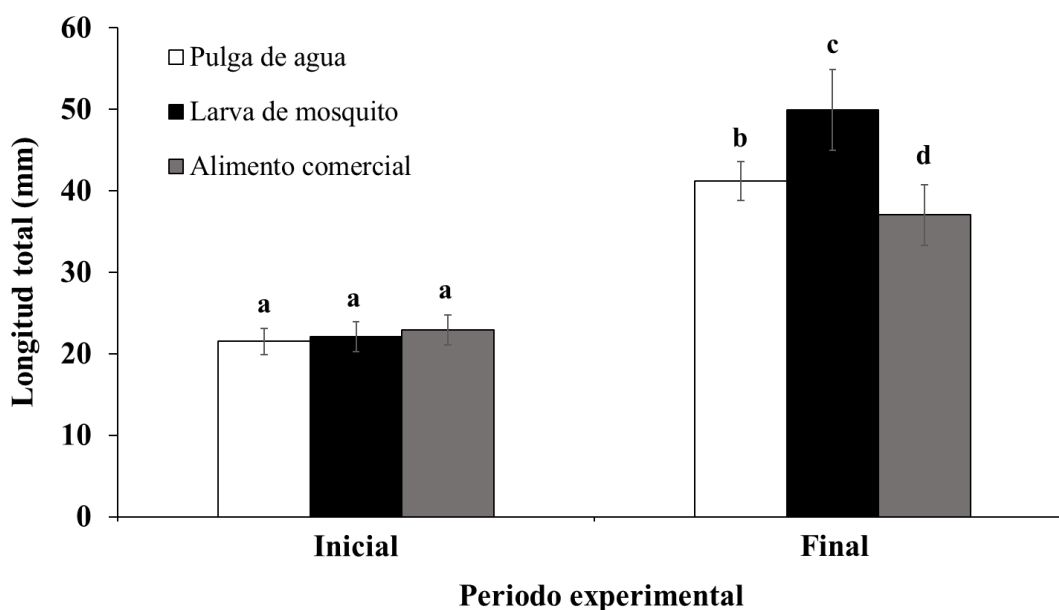
La TCA de la masa fue mayor en las crías cuya dieta estuvo basada en larvas de mosquito con 49.89 mg por día, mientras que para los peces alimentados con pulga de agua fue de 24.36 mg por día y para los peces con dieta basada en alimento comercial fue 31.72 mg por día (Tabla 2).

Tabla 2. Tasa y crecimiento absoluto de la masa de la mojarra criolla bajo distintos tipos de dietas. Se muestra el promedio y la desviación estándar.

Registro	Pulga de agua	Larva de mosquito	Alimento comercial
Masa inicial (mg)	166.66 $\pm$ 61.72	153.33 $\pm$ 51.63	160 $\pm$ 50.70
Masa final (mg)	873.33 $\pm$ 179.15	1600 $\pm$ 444	1080 $\pm$ 387.66
CA (mg)	706.67	1447	920
TCA (mg/día)	24.36	49.89	31.72

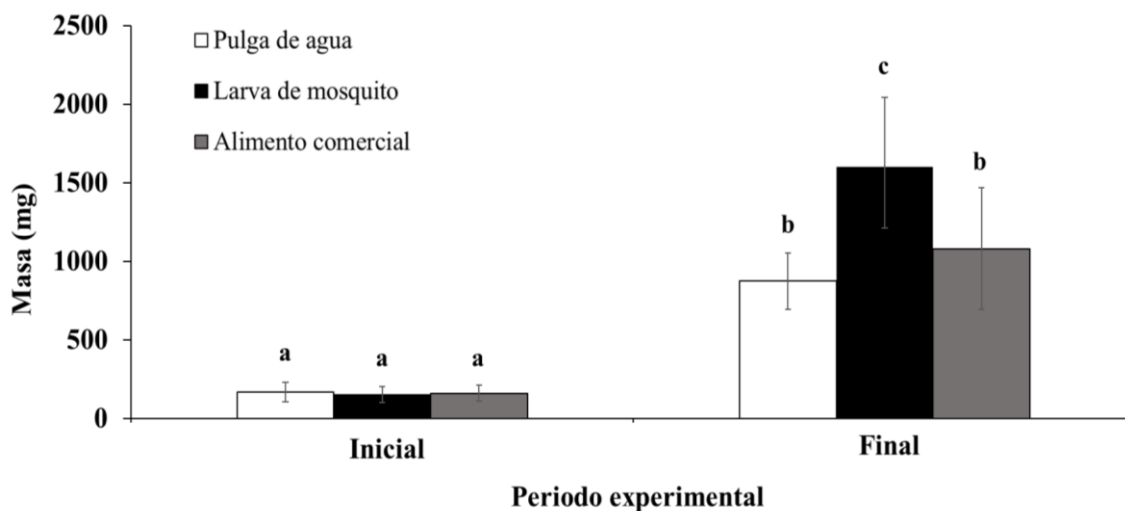
La longitud total de las crías de mojarra criolla fue similar al inicio del experimento (21.17 ± 1.23 ; $F= 2.53$; $df= 2$, $n= 15$, $p= 0.09$). Al final del experimento, la longitud total de las crías alimentadas con larva de mosquito fue mayor (49.92 ± 4.96) a comparación del grupo pulga de agua (41.22 ± 2.37) y del grupo alimento comercial (37.02 ± 3.74 ; $\chi^2= 32.53$, $df= 2$, $n= 15$, $p< 0.001$; Figura 3).

Figura 3. Longitud total inicial y final de la mojarra criolla en los tres grupos experimentales. Las letras indican diferencias significativas ($p< 0.05$). Se observa el promedio y la desviación estándar.



La masa de las crías de mojarra criolla fue similar al inicio del experimento (159.23 ± 31.21 ; $df= 2$, $\chi^2= 0.66$, $n= 15$, $p= 0.85$). Al final del experimento, la masa de las crías alimentadas con larva de mosquito fue mayor (1600 ± 444) a comparación del grupo pulga de agua (873.33 ± 179.15) y del grupo alimento comercial (1080 ± 387.66 ; $\chi^2= 18.27$, $df= 2$, $n= 15$, $p< 0.001$; Figura 4).

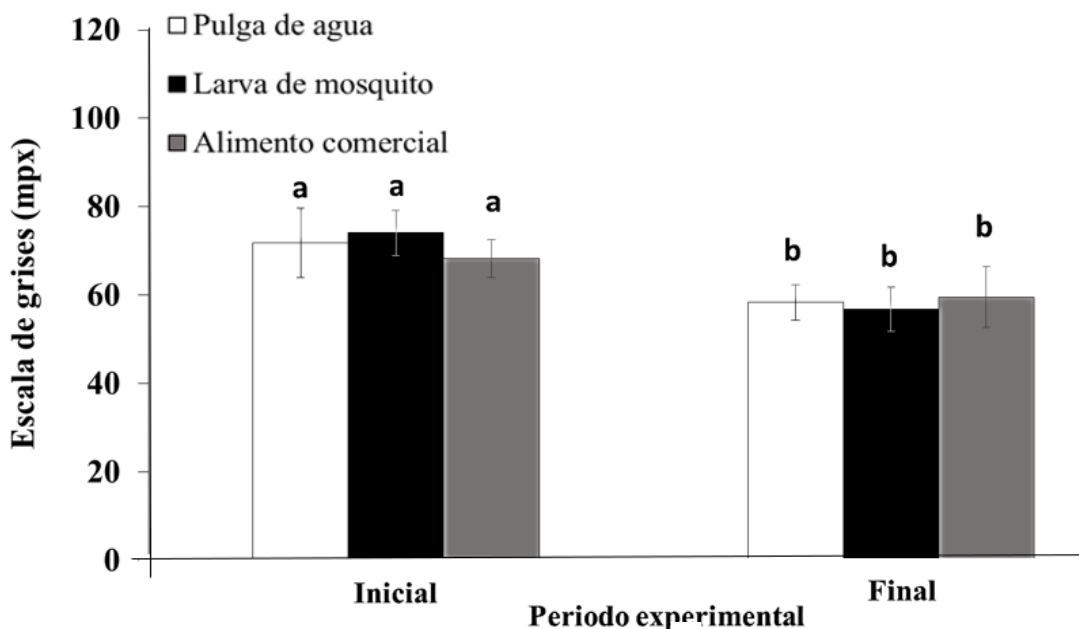
Figura 4. Masa inicial y final de la mojarra criolla en los tres grupos experimentales. Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se observa el promedio y la desviación estándar.



La coloración de las crías de mojarra criolla fue similar al inicio del experimento (71.80 ± 7.72 ; $df = 2$, $\chi^2 = 3.66$, $n = 15$, $p > 0.05$). Al final del experimento, la coloración no mostro diferencias significativas entre los tratamientos (59.29 ± 5.42 ; $df = 2$, $\chi^2 = 0.9438$, $n = 15$, $p > 0.05$; Figura 5).

Figura 5. Coloración inicial y final de la mojarra criolla en los tres grupos experimentales.

Las letras indican que no existen diferencias significativas entre grupos al final del experimento ($p > 0.05$). Se observa el promedio y la desviación estándar.



Discusión

La conducta predatoria que estimula el alimento vivo sobre la memoria evolutiva de los peces puede ser un aliciente en el proceso digestivo de estos organismos ya que mejora la activación química (generación enzimática). En este sentido, los nutrientes son absorbidos más eficientemente cuando los peces se alimentan de organismos vivos (Luna-Figueroa y Arce, 2019). Esta conducta genera que los peces tengan mayor actividad de nado, lo cual se traduce en la necesidad de producir estructuras musculares que permitan adquirir movimiento efectivo en el proceso de caza (García-Ortega, 2000; Luna-Figueroa y Arce, 2018). Esta premisa explicaría los resultados obtenidos en este trabajo donde la longitud total fue mayor en los peces nutridos con alimento vivo. El alimento comercial por otra parte, no presenta movimiento atractivo para los peces, por lo que los peces pueden tener una menor actividad de nado. El elevado porcentaje de carbohidratos que contiene este alimento inerte genera ganancia de peso en menor tiempo, sin embargo, no necesariamente es positivo ya que puede

ser almacenado en grasas lo cual explicaría nuestro resultado de masa total al final de experimento (García-Ortega, 2000). Este hecho podría generar un proceso de lipogénesis en el metabolismo basal de los peces en el cual los carbohidratos son convertidos en ácidos grasos y acumulados para su utilización como energía (Kamalan et al., 2017; Song et al., 2018). La producción de alimento comercial demanda calor y presión para su presentación en pellets u hojuelas. Este proceso puede generar desnaturalización de nutrientes, específicamente de las proteínas en su estructura terciaria (ruptura de puentes de hidrogeno y enlaces no polares) reduciendo su biodisponibilidad al ser absorbidas por el metabolismo de los peces, lo cual es desfavorable en la nutrición de los mismos (Kapil y Grubele, 2015; Abraha et al., 2018).

La calidad nutricional que brinda el alimento vivo se caracteriza principalmente por el porcentaje de proteínas y el perfil de aminoácidos esenciales que contiene (Prieto et al., 2006) Se reconocen 10 aminoácidos esenciales para el desarrollo en los peces: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, los cuales son cruciales para su crecimiento y deben ser suministrados en su dieta, ya que no pueden sintetizarlos (Shijuan et al., 2024). Los crustáceos e insectos tienen una mayor proporción de estos aminoácidos esenciales en sus estructuras proteicas, lo cual es un factor fundamental en la nutrición de los peces (Andara et al., 2016; Zhao et al., 2021).

El alimento vivo brinda pigmentos que no pueden ser sintetizados por las células de los peces, como xantofilas y carotenoides (tunaxantina, beta caroteno, luteína, astaxantina, taraxantina, zeaxantina y equinenona; Yi-Juan, 2006). Este proceso interfiere positivamente en la coloración de estructuras visibles de los peces, resaltando colores como el rojo, amarillo y naranja (Grupta, 2007). Sin embargo, la coloración de los peces cíclidos se intensifican en temporada reproductiva y cuando alcanzan su madurez sexual (Maan y Sefc, 2013). La mojarra criolla alcanza su estadio de madurez gonadal a una longitud total promedio de 66-69 mm (Sanchez, 1994; Navarro y Navarro, 2017). Esto explicaría nuestro resultado de coloración, donde no se obtuvieron resultados contrastantes entre tratamientos. Por lo que, más estudios son necesarios para establecer un mayor tiempo de experimentación y dilucidar la coloración en etapas adultas de esta especie nativa con base en diferente tipo de alimento.

Conclusión

Las crías de mojarra criolla con una dieta basada en alimento vivo mostraron una clara diferencia versus el alimento comercial. El tratamiento “larva de mosquito” fue el que obtuvo mayor longitud total al final del experimento, las crías presentaron en promedio 25.85% más longitud total que las del tratamiento “alimento comercial”.

En el parámetro de masa total ocurrió un patrón similar, el tratamiento larva de mosquito obtuvo mayor masa total al final del experimento. En términos de porcentaje, fueron 45.42% más pesados que el tratamiento “pulga de agua” y 32.5% mas pesados que el tratamiento “alimento comercial”.

Más estudios son requeridos para determinar el porcentaje de tejido muscular y tejido adiposo en la ganancia de masa total con alimento comercial versus alimento vivo.

Capítulo 2. Los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos: uso potencial como alimento vivo en la acuacultura.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el uso potencial de los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco como alimento vivo en la acuacultura.

Objetivos específicos

- Realizar un listado de la riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos.
- Analizar y comparar mediante bibliografía los táxones reconocidos y seleccionar los prospectos para ser cultivados y utilizados en la acuacultura.

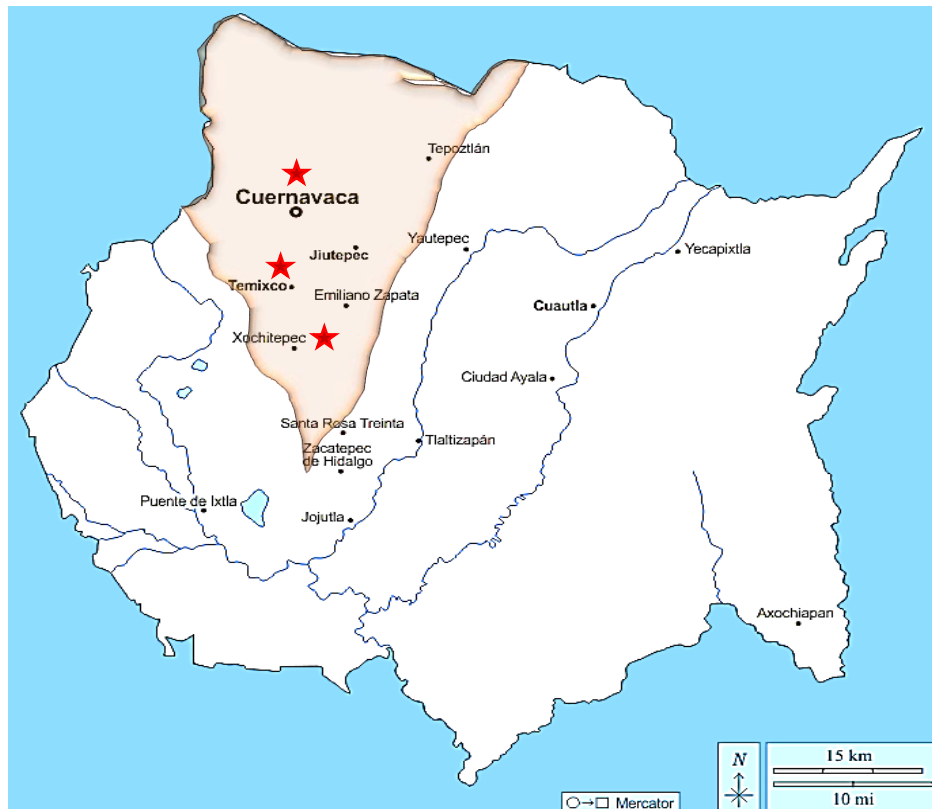
Materiales y métodos

Área de estudio: El río Apatlaco

La subcuenca del río Apatlaco pertenece a la cuenca hidrográfica del río Balsas. El cauce principal del río Apatlaco comprende una longitud aproximadamente de 63 km y una pendiente promedio de 4.5 %. La barranca del Indio y la barranca Chalchiuapan en el municipio de Huitzilac dan inicio al cauce, para posteriormente recibir aportes importantes

de los ríos Coajumulco y el manantial de Chapultepec en el municipio de Cuernavaca. El río Apatlaco aumenta su afluente con descargas hídricas de la barranca de El túnel y el río del Pollo, para terminar su cauce en la convergencia con el río Yautepec y los últimos aportes del arroyo Pilcaya y Panocheras (CONAGUA, 2008; Figura 6).

Figura 6. Cauce del río Apatlaco en Morelos y sitios de colecta (Imagen propia).



El río Apatlaco responde a un sistema acuático receptor tipo “B” con permiso de descargas de sólidos y drenaje público de los municipios de Huitzilac, Cuernavaca y Temixco principalmente. El cause principal de este río y algunas de sus vertientes secundarias reciben el 62.5% del promedio diario de los parámetros: sólidos suspendidos totales y demanda bioquímica de oxígeno (CONAGUA, 2008; Figura 7).

Figura 7. Río Apatlaco, localidad Temixco (Fotografía propia).



Los muestreos se realizaron en tres sitios del río. El sitio A en la localidad de Acatlipa en Temixco, Morelos con las coordenadas $18^{\circ}49' 44.6''$ LN, $99^{\circ}13'16.7''$ LO a 1210 m.s.n.m. El sitio B en la localidad de Guacamayas en Cuernavaca, Morelos con las coordenadas $18^{\circ}52' 47.6''$ LN, $99^{\circ}13'17.2''$ LO a 1335 m.s.n.m. El sitio C en la localidad de Xochitepec, Morelos en las coordenadas $18^{\circ}46' 29.6''$ LN, $99^{\circ}14'05.1''$ LO a 1074 m.s.n.m. (Figura 7). Las tres localidades presentaron vegetación riparia, en su mayoría arbustos y baja densidad de árboles de tamaño grande (superiores a 4 m de altura). El cauce del río contiene sustrato rocoso y presencia de lodo por materia orgánica en descomposición y permanece la mayor parte de año en condiciones eutróficas (Velázquez y Arce, 2015).

Recolección de los macroinvertebrados

Para la recolecta de los organismos, se realizaron muestreos de macroinvertebrados bentónicos en la época de estiaje del año 2024 (febrero a abril). Este método permitió evitar tomar muestras poco representativas debido a las perturbaciones ocasionadas por las lluvias, por ejemplo, el arrastre de los organismos de un sitio a otro (Brown y Brussock, 1991; Reyes-Morales y Springer, 2014). Los muestreos se realizaron en la zona litoral del río a una profundidad de 10 cm debido a que la mayoría de los macroinvertebrados habitan en estas áreas (Gudiño-Sosa et al., 2022). Los sitios se seleccionaron según el índice de calidad de hábitat del Protocolo de Evaluación Biológica Rápida RBP (Barbour et al., 1999).

Para la toma de muestras se delimitó un área de 10 por 10 cm (100 cm²) por 10 cm de profundidad. La recolecta del material biológico se realizó con una red entomológica de golpe, misma que se colocó a contracorriente y posteriormente el sustrato fue removido con la finalidad de que los macroinvertebrados quedaran atrapados en la malla (Wetzel, 1980). El procedimiento se llevó a cabo tres veces por punto y el contenido se vertió en frascos de cristal de 1 L para su traslado al Laboratorio de Acuicultura e Hidrobiología de la UAEM.

Identificación de los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos.

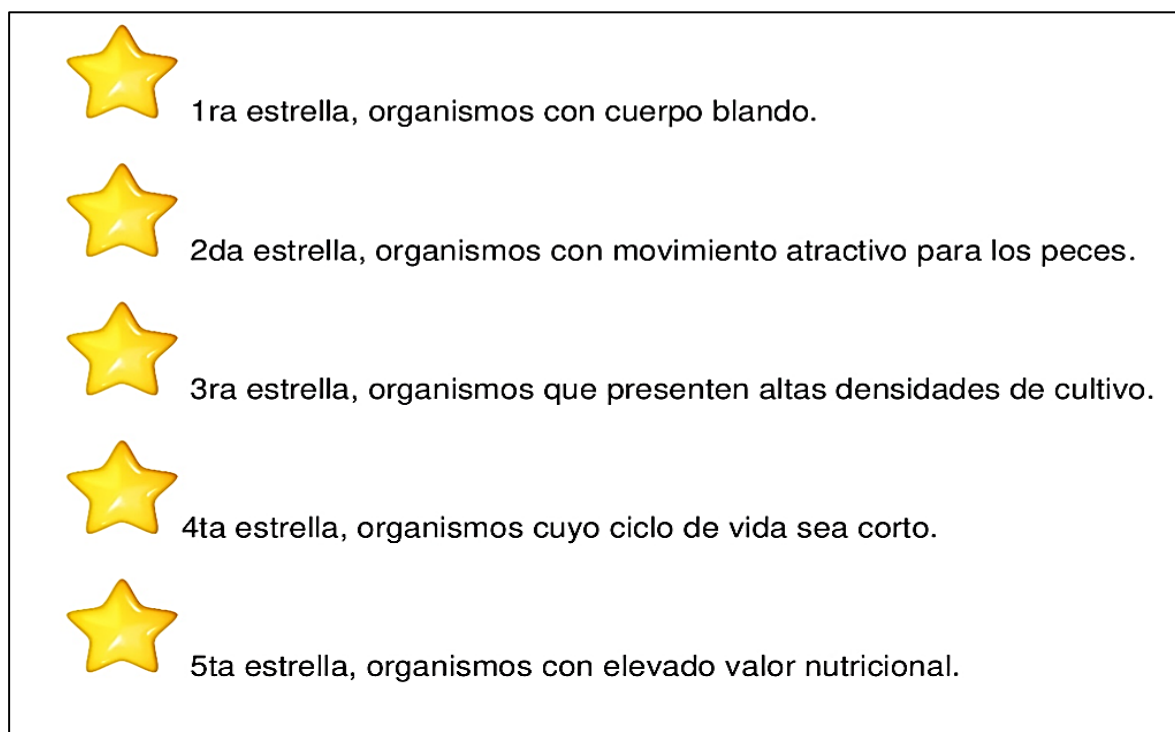
Para la separación e identificación de los organismos en laboratorio, se utilizó un microscopio estereoscópico Leica EZ4E con módulo de cámara integrado ICC50 (Wetzel y Likens, 1979), las muestras fueron analizadas sin procedimiento de fijación previo, se observaron frescas utilizando una caja Petri de cristal. Para la identificación de los organismos se utilizaron claves taxonómicas como Pennak (1978), Edmonson (1959) y Thorp y Covich (1991).

Selección de macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo

Los macroinvertebrados se evaluaron con el objetivo de calificar su potencial para ser utilizados como alimento vivo en el área productiva de la acuicultura. En esta evaluación, se especifica el tamaño promedio de los organismos y si en alguno de sus estadios son terrestres. Se puntuó a los organismos con un código de estrellas, siendo cinco la calificación máxima y una la mínima (Figura 8). Los organismos con mayor puntuación fueron los mejores

opciones para ser usados como alimento vivo. La selección se llevó a cabo mediante literatura previa sobre reproducción y ciclos de vida de los organismos (Franco-Cotero et al., 2024).

Figura 8. Parámetros de calificación para el uso potencial de los macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo.



Resultados

Se identificaron géneros de cuatro Phylum diferentes, de los cuales Arthropoda fue el que presentó mayor riqueza con catorce géneros. En total, se registraron 17 géneros y 13 familias, cabe mencionar que se reconoció un individuo de la familia Sphaeridae que no se identificó el género al que pertenece. Las familias Chironomidae e Hydropsychidae fueron las más ricas en cuanto al número de géneros, registrando tres en cada caso (Figura 4).

En cuestión de riqueza taxonómica, el Phylum Mollusca fue el segundo más rico. Se registraron dos géneros para los Phylum Annelida y Platyhelminthes con un registro en cada caso. Se observa una dominancia por parte del Phylum Arthropoda, la cual es representada en su mayoría por la clase Insecta y en menor cantidad por Malacostraca. Insecta fue la clase

más rica en cuestiones taxonómicas, ya que se registraron cinco órdenes, siete familias y doce géneros. Malacostraca obtuvo el segundo lugar con dos órdenes, dos familias y dos géneros (Figura 9).

En cuanto al porcentaje, el orden Insecta representó el 67% del total, seguido de Malacostraca con el 13%, ambos órdenes del Phylum Arthropoda. Para las familias Turbellaria, Bivalbia, Gasteropoda y Clitallata se obtuvo una representación del 5% cada una. En términos numéricos, 12 géneros fueron registrados únicamente para la Clase Insecta, lo que la hizo la más rica en cuestiones taxonómicas. La clase Malacostraca contó con únicamente dos géneros y para Clitellata, Gastropoda, Bivalvia y Turbellaria sólo se registró un género para cada una de las clases.

Figura 9. Taxonomía de los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>
		Isopoda	Asellidae	<i>Caecidotea</i>
	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>
				<i>Ablabesmyia</i>
				<i>Procladius</i>
		Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>
				<i>Enallagma</i>
				<i>Simulium</i>
		Ephemeroptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>
			Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>
			Baetidae	<i>Baetodes</i>
			Trichoptera	Hydropsychidae
		<i>Macrostemum</i>		
		<i>Hydropsyche</i>		
		Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>
Annelida	Clitellata	Rhynchobdellia	Piscicolidae	<i>Erpobdella</i>
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>
	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	<i>Sin identificar</i>
Platyhelminthes	Turbellaria	Rhabditophora	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>

Los géneros *Chironomus*, *Ablabesmya*, *Procladius* y *Erpobdella* obtuvieron cinco estrellas, lo que indica que son los más viables para utilizarlos como alimento vivo (Figura 10).

Los géneros *Hyaella*, *Caecidotea* y *Baetodes* obtuvieron cuatro estrellas, lo cual indica que tienen potencial cuestionable para sumarse al área productiva de la acuicultura (Figura 10).

Los géneros *Argia*, *Enallagma*, *Simulium*, *Bellostoma*, *Thraulodes* y *Dugesia* obtuvieron tres estrellas y para finalizar los géneros *Leptonema*, *Macrostenum*, *Hidropsyche*, *Physa* y el organismo que no se logró identificar de la familia Sphaeridae obtuvieron dos estrellas. Los organismos que presentan tres estrellas o menos son los menos viables para ser utilizados como alimento vivo (Figura 10).

Figura 10. Tabla de calificación de los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco.

	Familia Sphaeridae, género sin identificar.
	Tamaño promedio 2 cm de largo por 2.5 cm de ancho. Organismo con concha. No presenta estadio terrestre
	★ ★ Cuerpo blando: No. Movimiento: No. Altas densidades de cultivo: No.
	<i>Dugesia</i> sp.
	Tamaño promedio 50 mm de largo por 35 mm de ancho.
	No presenta estadio terrestre.
	★ ★ ★ Altas densidades de cultivo: No. Alto valor nutricional: No.



Hyalella sp.

Tamaño promedio 9 mm de largo por
6 mm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Caecidotea sp.

Tamaño promedio 16 mm de largo por
5 mm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Chironomus sp.

Tamaño promedio 13 mm de largo por
5 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Ablabesmyia sp.

Tamaño promedio 15 mm de largo por
4 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.





Procladius sp.

Tamaño promedio 13 mm de largo por
7 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Argia sp.

Tamaño promedio 70 mm de largo por
50 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Ciclo de vida corto: No.

Enallagma sp.

Tamaño promedio 35 mm de largo por
30 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Ciclo de vida corto: No.

Simulium sp.

Tamaño promedio 13 mm de largo por
7 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Altas densidades de cultivo: No.



Thraulodes sp.

Tamaño promedio 10 mm de largo por
8 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Altas densidades de cultivo: No.

Baetodes sp.

Tamaño promedio 12 mm de largo por
9 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Leptonema sp.

Tamaño promedio 30 mm de largo por
15 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Altas densidades de cultivo: No.

Ciclo de vida corto: No.

Macrostenum sp.

Tamaño promedio 25 mm de largo por
18 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Altas densidades de cultivo: No.

Ciclo de vida corto: No.



Hydropsyche sp.

Tamaño promedio 25 mm de largo por 15 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Altas densidades de cultivo: No.

Ciclo de vida corto: No.

Belostoma sp.

Tamaño promedio 2 cm de largo por 1.5 cm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Ciclo de vida corto: No.

Erpobdella sp.

Tamaño promedio 30 mm de largo por 2.5 cm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Physa sp.

Tamaño promedio 2 cm de largo por 1 cm de ancho.

Organismo con concha.

No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Movimiento: No.

Altas densidades de cultivo: No.

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que los macroinvertebrados pertenecientes a las familias Chironomidae, Hyalellidae, Asellidae, Baetidae y Piscicolidae son las mejores opciones para incluirlos en la dieta de peces de cultivo ornamental y/o de consumo humano. Algunos organismos de estas clases presentan características biológicas que pueden dificultar su cultivo. Las clases Baetidae y Chironomidae presentan un estadio terrestre lo cual podría ser un factor limitante en su cultivo en granjas tecnificadas (Hanson et al., 2010). Además, algunas especies de la clase Chironomidae son vectores de diferentes enfermedades tropicales como Dengue, Zika y Chikungunya (Akram y Ali-Khan, 2016; Nasrabadi et al., 2022), por lo cual no se recomienda su cultivo. Aunado a esto, varios estudios reportan hipersensibilidad de los humanos hacia las larvas del género *Chironomus* (clase Chironomidae), lo cual representa un riesgo para la salud ya que generan reacciones alérgicas agudas en piel y en vías respiratorias (Aldunate et al., 1999; Ballesteros et al., 2006). El estadio larvario del género *Chironomus* es una fuente nutritiva para peces de interés en la acuicultura, ya que presentan proporciones elevadas de proteínas, ácidos grasos, vitaminas y minerales (Murrieta et al., 2016). Lo anterior consolida que no se recomienda el cultivo de estos organismos, sino su recolección y su incorporación como alimento vivo a la dieta de peces ornamentales y/o de consumo humano (Franco y Luna-Figueroa, 2015).

Las clases Hyalellidae, Asellidae y Piscicolidae son las mejores opciones para ser utilizadas como alimento vivo, con la condicionante que los macroinvertebrados de las clases Hyalellidae y Asellidae son crustáceos con exoesqueleto desarrollado. Esta característica es un obstáculo para la alimentación de peces pequeños o peces medianos en estadios de alevín y juvenil, por lo que deberían suministrarse a peces adultos. Sin embargo, la clase Asellidae son ectoparásitos de peces de consumo humano, lo cual podría ser un factor adverso en su uso como alimento vivo para estos peces (Salgado et al., 2015). Los macroinvertebrados pertenecientes al orden Amphipoda (clase Hyallidae) se utilizan constantemente en la nutrición de peces de consumo humano (Woods, 2009). La razón principal es porque contienen elevada proporción de proteínas y ácidos grasos como el omega 3 (DHA y EPA), estos organismos también han sido estudiados en dietas de crustáceos y cefalópodos obteniendo excelentes resultados en cuestión de crecimiento y masa (Paseo, 2012). Por lo

que, el orden Amphipoda representa las mejores opciones de macroinvertebrados acuáticos para ser utilizados en el cultivo de peces ornamentales y/o de consumo humano.

El género *Erpobdella* (clase Piscicolidae) que pertenece al Phylum Annelida se ha utilizado como alimento vivo en la práctica de la acuicultura. Estos organismos presentan cuerpo blando y movimiento atractivo para los peces lo cual facilita su uso, además cuentan con elevados valores de proteína, aminoácidos esenciales y lípidos (Luna-Figueroa y Arce, 2017). Sin embargo, el tamaño promedio de los organismos del género *Erpobdella* es una determinante en la alimentación de peces con tamaño de boca pequeña (< 1 cm). Esta característica determina que su uso potencial de estos macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo se aplique a peces grandes con tamaño de boca mayor a 1 cm, como cíclidos, gouramis, carpas o truchas.

Conclusión

La riqueza de macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco comprende 17 géneros de organismos insertos en 6 clases y 7 familias.

Arthropoda fue el Phylum más rico en cuestión con 14 géneros. También se recolectaron miembros de los Phylum Mollusca, Annelida y Platyhelminthes.

La clase insecta concentra el 67% del total de la riqueza de macroinvertebrados acuáticos y Malacostraca el 13% de la misma.

Se encontraron táxones interesantes en el río Apatlaco ubicado en el municipio de Morelos para su posible cultivo en laboratorio. Nuestros resultados muestran que los organismos pertenecientes a las clases Chironomidae, Hyalellidae, Asellidae, Baetidae y Piscicolidae son los mejor puntuados en el ranking. Sin embargo, consideramos que *Hyalella* sp es de entre toda la riqueza de especies colectada la mejor opción, dado su excelente perfil nutricional y su tamaño adecuado.

Perspectivas

Se espera que este estudio sume positivamente al conocimiento actual sobre el alimento vivo y su uso en la acuicultura. Nuevos estudios sobre el cultivo de estos organismos son necesarios, dado el crecimiento acelerado que tiene la acuicultura en Morelos. Estos organismos podrían funcionar como potenciadores de características morfológicas y metabólicas deseadas para la comercialización de estos peces, ya sea con fines de consumo humano u ornamental. Este alimento vivo puede funcionar también con peces nativos y endémicos manejados en cautiverio, ya que promueven su reproducción y sus conductas que podrían facilitar su reintroducción a la naturaleza. Este estudio continuó con el patrón de proyectos anteriores donde se demuestra que el alimento vivo es un potenciador en la generación de estructuras y formas fenotípicas en peces de interés en la acuicultura y con ello, se incrementa el éxito de comercialización.

La pulga de agua y larva de mosquito demostraron ser una alternativa funcional en la alimentación de crías de mojarra criolla, aumentando considerablemente parámetros esenciales de crecimiento y desarrollo como longitud y masa totales. Este proyecto se realizó con la intención de sumar al conocimiento de la interacción de alimento vivo en una etapa crítica del desarrollo de peces cíclidos, tal es el caso del estadio de cría, además de generar evidencia que este alimento puede fungir como un coadyuvante en la conservación de la ictiofauna global.

La mayoría de alimento vivo que se utiliza en Morelos es de origen introducido, la necesidad de alternativas nativas que funcionen en la nutrición de peces nativos es inminente dada la situación global actual con las especies invasoras y poco se conoce sobre este estatus en macroinvertebrados acuáticos. Los macroinvertebrados acuáticos son una excelente alternativa en alimentación de peces en la acuicultura moderna, estos organismos cuentan con todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de los peces. Una dieta basada en macroinvertebrados acuáticos podría ser recomendable en estadios críticos para el cultivo de peces, por ejemplo, larva, cría, juveniles y reproductores.

Así mismo, se reconocen algunos táxones interesantes para su cultivo y utilización como alimento vivo, tal es el caso de los anfípodos del género *Hyalolella* recolectados en el

Río Apatlaco en el estado de Morelos, recomendable en peces de talla mediana-grande o un estadio juvenil. Existe un vacío en el conocimiento sobre la biología y cultivo de estos organismos de forma intensiva, más estudios son necesarios para demostrar la correlación que existe entre el alimento vivo y la mejora de caracteres morfológicos y conductuales de peces cíclidos en sus estadios tempranos. Además, se requiere información sobre el metabolismo de los peces cuando consumen alimento vivo y sus análisis bromatológicos nutricionales de los organismos.

Anexo

Franco-Cotero, H.E., N.D. Lagunas-Celis, M. Franco, M. Díaz-Vargas, J. García-Rodríguez, E. Arce. 2024.
Macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos, México: Potencial uso como alimento vivo en acuacultura.
Investigación Agropecuaria 21: 1-14. 2024. ISSN: 2007-1353. www.investigacionagropecuaria.com.mx

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL RÍO APATLACO, MORELOS, MÉXICO: POTENCIAL USO COMO ALIMENTO VIVO EN ACUACULTURA

AQUATIC MACROINVERTEBRATES OF THE APATLACO RIVER, MORELOS, MEXICO: POTENTIAL USE AS LIVE FOOD IN AQUACULTURE

¹Hector Eduardo Franco-Cotero, ²Naomi Dally Lagunas-Celis, ^{3*}Marco Franco,
³Migdalia Díaz-Vargas, ³Judith García-Rodríguez, ³Elsah Arce

¹Maestría en Manejo de Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. Tel: 7773397711, correo-e: hector.francoc@uaem.edu.mx

²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. Tel: 7772962957, correo-e: naomiu3022@gmail.com

³Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. Tel: 7351280960, correo-e: marco.franco@uaem.edu.mx; Tel: 7771927989, correo-e: migdalia@uaem.mx; Tel: 7771341216, correo-e: garciarj@uaem.mx; Tel: 7773162354, correo-e: elsah.arce@uaem.mx

*Autor para correspondencia: marco.franco@uaem.edu.mx

RESUMEN

Este estudio examina la riqueza de macroinvertebrados acuáticos que se encuentran en la subcuenca hidrológica del río Apatlaco en el estado de Morelos, México. Se determinó su potencial como

alimento vivo para ser utilizados en acuacultura. Este potencial se determinó por las características físicas de los macroinvertebrados como cuerpo blando, movimiento atractivo para los peces, altas densidades de cultivo, ciclo de vida corto y alto contenido nutricional. Los muestreos se

Recibido: 9/05/2024; Aceptado: 21/05/2024;
Publicado en línea: 24/05/2024.

realizaron en la época de estiaje del año 2024. En este periodo se identificaron 17 géneros, 13 familias y 6 clases, entre las que se destaca la clase Insecta con el 67% y la clase Malacostraca con el 13% de la riqueza total de especies. Las familias Hyalellidae, Chironomidae y Piscicolidae, presentaron mayor potencial para ser utilizadas como alimento vivo. Se requieren más investigaciones para tecnificar el cultivo de estos macroinvertebrados en cautiverio, con la finalidad de que los productores puedan cultivarlos en sus granjas y utilizarlos para alimentar a sus peces destinados al comercio ornamental y/o al consumo humano.

Palabras clave: Zooplankton, proteína, cultivo de peces, riqueza de especies.

ABSTRACT

This study examines the richness of aquatic macroinvertebrates in the hydrological subbasin of the Apatlaco River in Morelos state, Mexico. The potential as live food to be used in aquaculture was determined. For this, we used physical characteristics of macroinvertebrates such as soft body, attractive movement for fish, high culture densities, short life cycle, and high nutritional content. Sampling was carried out during the dry season in 2024. For this period, 17 genus, 13 families and 6 classes were identified, among which the Insecta class stands out with 67% and the Malacostraca class with 13%, of the total species richness. The Hyalellidae, Chironomidae and Piscicolidae families, presented greater potential to be used as live food. More research is required to modernize the cultivation of these macroinvertebrates in captivity, with the aim that at some point producers will grow them and use them to feed fish production destined for the ornamental trade and/or for human consumption.

Key words: Zooplankton, protein, fish farming, species richness.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura, la ganadería y la agricultura conforman los tres sectores más demandantes en satisfacer necesidades alimenticias humanas (Tacon, 2020). El alimento comercial elaborado con harinas de pescado o desechos de peces y crustáceos es suministrado como alimento en los cultivos de peces. Este alimento procesado contiene los nutrimentos necesarios para el óptimo desarrollo de los peces en cautiverio. Sin embargo, dicho alimento pasa por varios procesos de secado y desnaturalización, lo que afecta directamente sus cualidades nutrimentales (Luthada-Raswisi et al., 2021). Este mecanismo de producción disminuye su eficiencia y al no presentar movilidad, los peces pueden no consumirlo, por lo que es posible que afecte la calidad del agua del sistema y la salud de los peces cultivados (Luna-Figueroa et al., 2019).

El aumento potencial de la acuicultura en el mundo incrementa la necesidad de utilizar alimentos con mayor porcentaje de proteína (Arce et al., 2018). Para satisfacer estas necesidades, la disponibilidad del alimento comercial tiene que aumentar a gran escala (Boyd et al., 2022). Por lo que, es primordial realizar investigaciones enfocadas a la búsqueda de nuevas alternativas de origen animal y vegetal con mayor valor nutrimental en la alimentación para el cultivo de peces (Gasco et al., 2018). Dentro de estas alternativas se encuentran los macroinvertebrados acuáticos. Los macroinvertebrados son una excelente alternativa a la problemática alimenticia en la acuicultura moderna debido a que son organismos que funcionan como cápsulas que contienen los nutrimentos esenciales naturales (Das et al., 2012). Estos macroinvertebrados presentan características como ciclos de vida cortos, lo que los hace fáciles de cultivar. En este sentido, los cultivos de macroinvertebrados tienen que ser sostenibles, rentables y económicos para que los productores los realicen en sus instalaciones acuícolas.

Actualmente, existe una amplia variedad de organismos invertebrados que

son empleados en la alimentación de peces de cultivo. Algunos ejemplos de estos organismos son la artemia (*Artemia franciscana* Kellog 1906), el micro-gusano (*Panagrellus redivivus* Linnaeus, 1758), la pulga de agua (*Daphnia pulex* Linnaeus, 1758), el gusano de fango (*Tubifex tubifex* Müller, 1774) y el gusano de harina (*Tenebrio molitor* Linnaeus 1758). Sin embargo, el cultivo y manejo de la mayoría de estos organismos es costoso y no todos los productores tienen acceso a su comercialización, por lo que el uso de nuevas alternativas de macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo en el cultivo de peces puede coadyuvar a mejorar la alimentación de los peces de cultivo (Suárez-Dauget et al., 2023). Los beneficios directos de esta alimentación son coloraciones más intensas, mayor crecimiento, un sistema inmunológico equilibrado y mayor actividad de los peces (Stevens et al., 2017). En este sentido, los peces nutridos con alimento vivo presentan una mejor reproducción, ya que la frecuencia de desove, el número de huevos y el número de crías es mayor a comparación de los peces alimentados con extruidos comerciales como pellets de harina de pescado (Guedes et al., 2015; Luna-Figueroa, 2002; 2013).

En la actualidad, la información sobre el uso de nuevas alternativas de alimento vivo en la práctica de la acuacultura y la mejora en los diferentes aspectos en el cultivo de peces es escasa (García-Rodríguez et al., 2020; González-Flores et al., 2022). La mayor parte de los estudios abarcan investigaciones con alimentos vivos ya establecidos, otros más tienen como objetivo dilucidar las interacciones de la alimentación nativa de los peces en los nichos que habitan. Por lo que, el objetivo de este trabajo es proponer nuevas alternativas en la alimentación de los peces en acuacultura, con la finalidad de promover su uso, facilitar la práctica y disminuir los costos asociados al uso de alimento comercial en las granjas piscícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La subcuenca del río Apatlaco se encuentra ubicada en el estado de Morelos y pertenece a la cuenca hidrográfica del río Balsas. El río Apatlaco comienza su cauce en el municipio de Huitzilac en la Barranca del Indio, posteriormente este cuerpo de agua se une al río Coajomulco y San Antón aumentando su dimensión con el afluente del manantial de Chapultepec. El río Apatlaco termina su cauce en el estado recibiendo aportaciones de El Túnel y el río del Pollo, así como de los arroyos Pilcaya y Panocheras. El cauce principal tiene una longitud de 63 km aproximadamente, desde el aporte del manantial Chapultepec, hasta su convergencia con el río Yautepec y cuenta con una pendiente promedio de 4.5% (CONAGUA, 2008). Los muestreos fueron realizados en tres sitios del río. El sitio A en la localidad de Acatlipa en Temixco, Morelos con las coordenadas 18°49' 44.6" LN, 99°13'16.7" LO a 1210 m.s.n.m. El sitio B en la localidad de Guacamayas en Cuernavaca, Morelos con las coordenadas 18°52' 476" LN, 99°13'172" LO a 1335 m.s.n.m. El sitio C en la localidad de Xochitepec, Morelos en las coordenadas 18°46' 29.6" LN, 99°14'05.1" LO a 1074 m.s.n.m. Las tres localidades presentaron vegetación riparia, en su mayoría arbustos y baja densidad de árboles de tamaño grande (superiores a 4 m de altura). El cauce del río contiene sustrato rocoso y presencia de lodo por materia orgánica en descomposición y permanece la mayor parte de año en condiciones eutróficas (Velázquez y Arce, 2015).

Recolecta de macroinvertebrados acuáticos

Para la recolecta de los organismos, se realizaron muestreos de macroinvertebrados bentónicos en la época de estiaje del año 2024. Este método no permitió tomar muestras poco representativas debido a las perturbaciones ocasionadas por las lluvias, por ejemplo, el arrastre de los organismos de un sitio a otro

(Brown y Brussock, 1991; Reyes-Morales y Springer, 2014). Los muestreos se realizaron en la zona litoral del río a una profundidad de 10 cm debido a que la mayoría de los macroinvertebrados habitan en estas áreas (Gudiño-Sosa et al., 2022). Los sitios se seleccionaron según el índice de calidad de hábitat del Protocolo de Evaluación Biológica Rápida RBP (Barbour et al., 1999).

Para la toma de muestras se delimitó un área de muestra de 10 por 10 cm (100 cm²) por 10 cm de profundidad. La recolecta del material biológico se realizó con una red entomológica de golpe, misma que se colocó a contracorriente y posteriormente el sustrato fue removido con la finalidad de que los macroinvertebrados quedaran atrapados en la malla (Wetzel, 1980). El procedimiento se llevó a cabo tres veces por punto y el contenido se vertió en frascos de cristal de 1 L para su traslado al Laboratorio de Hidrobiología y Acuicultura de la UAEM.

Identificación taxonómica de los macroinvertebrados

Los organismos se separaron en el laboratorio mediante la técnica de flotación utilizando cajas Petri, pinzas de punta fina y un microscopio estereoscópico Leica EZ4E. Para la identificación de los organismos se utilizaron las claves taxonómicas de Pennak (1978) y Thorp y Covich (1991). Los macroinvertebrados se evaluaron con el objetivo de calificar su potencial para ser utilizados como alimento vivo en el área productiva de la acuicultura. En esta evaluación, se especifica el tamaño promedio de los organismos y si en alguno de sus estadios son terrestres. Se puntuó a los organismos con un código de estrellas, siendo cinco la calificación máxima y una la mínima. Los organismos con cinco estrellas fueron las mejores opciones para ser usados como alimento vivo, los organismos con cuatro estrellas indican que tienen potencial cuestionable para sumarse al área productiva de la acuicultura. Los organismos que presentan tres estrellas o menos son los menos viables para ser utilizados como alimento vivo (Figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Taxonomía de los macroinvertebrados

Se identificaron cuatro phyla diferentes, de los cuales Arthropoda fue el que presentó mayor riqueza con catorce géneros. En total, se registraron 17 géneros y 13 familias. Se reconoció un individuo de la familia Sphaeriidae que no se logró identificar el género al que pertenece. Las familias Chironomidae e Hydropsychidae fueron las más ricas en cuanto al número de géneros, registrando tres en cada caso.



Figura 1. Parámetros de calificación para el uso potencial de los macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo.

En cuestión de riqueza taxonómica, el phylum Mollusca fue el segundo más rico. Se registraron dos géneros para los phyla Annelida y Platyhelminthes con un registro en cada caso. El phylum Arthropoda fue dominante y fue representada en su mayoría por la clase Insecta y en menor cantidad por Malacostraca. Insecta fue la clase más rica en cuestiones taxonómicas, ya que se registraron cinco órdenes, siete familias y doce géneros. Malacostraca obtuvo el segundo lugar con dos órdenes, dos familias y dos géneros (Figura 2).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>
		Isopoda	Asellidae	<i>Caecidotea</i>
	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>
				<i>Ablabesmyia</i>
				<i>Procladius</i>
		Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>
				<i>Enallagma</i>
			Simuliidae	<i>Simulium</i>
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>
			Baetidae	<i>Baetodes</i>
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>
				<i>Macrostemum</i>
				<i>Hydropsyche</i>
		Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>
Annelida	Clitellata	Rhynchobdellia	Piscicolidae	<i>Erpobdella</i>
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>
	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	<i>Sin identificar</i>
Platyhelminthes	Turbellaria	Rhabditophora	Dugesidae	<i>Dugesia</i>

Figura 2. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos, México (Pennak, 1978; Thorp y Covich, 1991).

En términos de porcentaje, el orden Insecta representó el 67% del total, seguido de Malacostraca con el 13%, ambos órdenes del phylum Arthropoda. Para las familias Turbellaria, Bivalvia, Gasteropoda y Clitallata se obtuvo una representatividad del 5% cada una. En términos numéricos, 12 géneros fueron registrados únicamente para la Clase

Insecta, lo que la hizo la más rica en cuestiones taxonómicas. La clase Malacostraca contó con únicamente dos géneros y para Clitellata, Gastropoda, Bivalvia y Turbellaria sólo se registró un género para cada una de las clases.

Potencial de los macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo

Los géneros *Chironomus*, *Ablabesmya*, *Procladius* y *Erpobdella* obtuvieron cinco estrellas. Los géneros *Hyalella*, *Caecidotea* y *Baetodes* obtuvieron cuatro estrellas. Los géneros *Argia*, *Enallagma*, *Simulium*, *Belostoma*, *Thraulodes* y *Dugesia* obtuvieron tres estrellas y para finalizar los géneros *Leptonema*, *Macrostenum*, *Hidropsyche*, *Physa* y el organismo que no se logró identificar de la familia Sphaeriidae obtuvieron dos estrellas. Los organismos que presentan tres estrellas o menos son los menos viables para ser utilizados como alimento vivo (Figura 3).

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que los macroinvertebrados pertenecientes a las clases Chironomidae, Hyalellidae, Asellidae, Baetidae y Piscicolidae son las mejores opciones para incluirlos en la dieta de peces de cultivo ornamental y/o de consumo humano. Algunos organismos de estas clases presentan características biológicas que pueden dificultar su cultivo. Las clases Baetidae y Chironomidae presentan un estadio terrestre lo cual podría ser un factor limitante en su cultivo en granjas tecnificadas (Hanson et al., 2010). Además, algunas especies de la clase Chironomidae son vectores de diferentes enfermedades tropicales como Dengue, Zika y Chicungunya (Akram y Ali-Khan, 2016; Nasrabadi et al., 2022), por lo cual no se recomienda su cultivo. Aunado a esto, varios estudios reportan hipersensibilidad de los humanos hacia las larvas del género *Chironomus* (clase Chironomidae), lo cual representa un riesgo para la salud ya que generan reacciones alérgicas agudas en piel y en vías respiratorias (Aldunate et al., 1999; Ballesteros et al., 2006). El estadio larvario del género *Chironomus* es una fuente nutritiva para peces de interés en la acuicultura, ya que presentan proporciones elevadas de proteínas, ácidos grasos, vitaminas y minerales (Murrieta et al., 2016). Lo anterior consolida que no se recomienda el cultivo de

estos organismos, sino su recolección y su incorporación como alimento vivo a la dieta de peces ornamentales y/o de consumo humano (Franco y Luna-Figueroa, 2015).

Las clases Hyalellidae, Asellidae y Piscicolidae son las mejores opciones para ser utilizadas como alimento vivo, con la condicionante que los macroinvertebrados de las clases Hyalellidae y Asellidae son crustáceos con exoesqueleto desarrollado. Esta característica es un obstáculo para la alimentación de peces pequeños o peces medianos en estadios de alevín y juvenil, por lo que deberían suministrarse a peces adultos. Sin embargo, la clase Asellidae son ectoparásitos de peces de consumo humano, lo cual podría ser un factor adverso en su uso como alimento vivo para estos peces (Salgado et al., 2015). Los macroinvertebrados pertenecientes al orden Amphipoda (clase Hyallidae) se utilizan constantemente en la nutrición de peces de consumo humano (Woods, 2009). La razón principal es porque contienen elevada proporción de proteínas y ácidos grasos como el omega 3 (DHA y EPA), estos organismos también han sido estudiados en dietas de crustáceos y cefalópodos obteniendo excelentes resultados en cuestión de crecimiento y peso (Pageo, 2012). Por lo que, el orden Amphipoda representa las mejores opciones de macroinvertebrados acuáticos para ser utilizados en el cultivo de peces ornamentales y/o de consumo humano.

El género *Erpobdella* (clase Piscicolidae) que pertenece al phylum Annelida se ha utilizado como alimento vivo en la práctica de la acuicultura. Estos organismos presentan cuerpo blando y movimiento atractivo para los peces lo cual facilita su uso, además cuentan con elevados valores de proteína, aminoácidos esenciales y lípidos (Luna-Figueroa, 2017). Sin embargo, el tamaño promedio de los organismos del género *Erpobdella* es una determinante en la alimentación de peces con tamaño de boca pequeña (< 1 cm). Esta característica determina que su uso

potencial de estos macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo se aplique a peces grandes con tamaño de boca mayor a

1 cm, como cíclidos, gouramis, carpas o truchas.



Hyalella sp.

Tamaño promedio 9 mm de largo por 6 mm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Caecidotea sp.

Tamaño promedio 16 mm de largo por 5 mm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Chironomus sp.

Tamaño promedio 13 mm de largo por 5 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



Ablabesmyia sp.

Tamaño promedio 15 mm de largo por 4 mm de ancho.

Presenta estadio terrestre.



*Procladius* sp.

Tamaño promedio 13 mm de largo por
7 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.

*Argia* sp.

Tamaño promedio 70 mm de largo por
50 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Ciclo de vida corto: No.

Enallagma sp.

Tamaño promedio 35 mm de largo por
30 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Ciclo de vida corto: No.

Simulium sp.

Tamaño promedio 13 mm de largo por
7 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Altas densidades de cultivo: No.

*Thraulodes* sp.

Tamaño promedio 10 mm de largo por
8 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Altas densidades de cultivo: No.

Baetodes sp.

Tamaño promedio 12 mm de largo por
9 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.

Leptonema sp.

Tamaño promedio 30 mm de largo por
15 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Altas densidades de cultivo: No.
Ciclo de vida corto: No.

Macrostenum sp.

Tamaño promedio 25 mm de largo por
18 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Altas densidades de cultivo: No.
Ciclo de vida corto: No.

*Hydropsyche* sp.

Tamaño promedio 25 mm de largo por
15 mm de ancho.
Presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Altas densidades de cultivo: No.
Ciclo de vida corto: No.

Bellostoma sp.

Tamaño promedio 2 cm de largo por
1.5 cm de ancho.
No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Ciclo de vida corto: No.

Erpobdella sp.

Tamaño promedio 30 mm de largo por
2.5 cm de ancho.
No presenta estadio terrestre.

*Physa* sp.

Tamaño promedio 2 cm de largo por 1 cm
de ancho.
Organismo con concha.
No presenta estadio terrestre.



Cuerpo blando: No.
Movimiento: No.
Altas densidades de cultivo: No.



Familia Sphaeriidae, género sin identificar.

Tamaño promedio 2 cm de largo por
2.5 cm de ancho.

Organismo con concha.

No presenta estadio terrestre



Cuerpo blando: No.

Movimiento: No.

Altas densidades de cultivo: No.

Dugesia sp.

Tamaño promedio 50 mm de largo por
35 mm de ancho.

No presenta estadio terrestre.



Altas densidades de cultivo: No.

Alto valor nutricional: No.

Figura 3. Potencial uso de macroinvertebrados acuáticos como alimento vivo en la acuacultura, de organismos observados en el río Apatlaco, Morelos, México (Kenk, 1972; Heard, 1977; Mackay y Wiggins, 1979; Strixino y Trivinho-Strixino, 1998; Gonzáles, 2003; De Reyes y Kehr, 2005; Neubern, 2006; Brown y Lydeard, 2010; Ramírez, 2010; Springer, 2010; Céspedes, 2013; Pérez y Liria, 2013; González y Novelo-Gutiérrez, 2014; Ocegüera-Figueroa y León-Régagnon, 2014; Murrieta *et al.*, 2016; García-Vázquez, 2020; Marchiori, 2022).

CONCLUSIONES

Los macroinvertebrados acuáticos evaluados en este trabajo son una excelente alternativa de alimentación para peces cultivados. El valor nutricional que poseen puede mejorar notablemente el desarrollo de diferentes especies de peces de ornato y de consumo humano. Las familias Hyalellida, Chironomidae y Piscicolidae, son las que presentaron mayor potencial de ser utilizadas en la acuacultura. Estos organismos pueden sumarse al cultivo de alimento vivo en las granjas, ya que presentan las principales características biológicas que los hacen viables en su cultivo. Estas alternativas alimentarias también pueden tener aplicaciones en la

nutrición de peces nativos y endémicos con fines de manejo y conservación. Se requieren más estudios para investigar el manejo y cultivo en cautiverio de estos macroinvertebrados, con la finalidad de que los productores puedan utilizarlos como alimento vivo en la producción acuícola.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos, Fondo Verde Estatal, por el apoyo otorgado (13/P08 2024). Al Biol. José Alberto Meza Vega por las fotografías de las especies de macroinvertebrados acuáticos.

LITERATURA CITADA

- Akram, W., y Ali-Khan, H.A. 2016. Odonate nymphs: generalist predators and their potential in the management of dengue mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Arthropod-borne Diseases*, 10(2): 252.
- Aldunate, M.T., S. Echechipía, B. Gómez, B.E. García, J.M. Olaguibel, A. Rodríguez, y A.I. Tabat. 1999. Chironomids and other causes of fish food allergy. *Alergología e Inmunología Clínica* 14: 140-145.
- Arce, A., P.F. Archundia M., y J. Luna-Figueroa. 2018. The effect of live food on the coloration and growth in guppy fish, *Poecilia reticulata*. *Agricultural Sciences* 9(2): 171.
- Ballesteros S.C., M. De Barrio, L. Baeza M., y R. Sotés M. 2006. Allergy to chironomid larvae (red midge larvae) in non professional handlers of fish food. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 16(1): 63.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, y J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and Fish (2nd ed.). Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency (pp. 177-191).
- Boyd, C.E., A.A. McNevin, y R.P. Davis. 2022. The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. *Food Security* 14(3): 805-827.
- Brown, A.V., y P.P. Brussock. 1991. Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools. *Hydrobiologia* 220: 99-108.
- Brown, K.M., y C. Lydeard. 2010. Mollusca: gastropoda. In *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* (pp. 277-306). Academic Press.
- Céspedes, A.M.F. 2013. Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado-Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 1(25): 1-9.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2008. La Cuenca del Río Apatlaco. Recuperemos el patrimonio ambiental de los morelenses, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 9-11.
- Das, P., S.C. Mandal, S.K. Bhagabati, M.S. Akhtar, y S.K. Singh. 2012. Important live food organisms and their role in aquaculture. *Frontiers in Aquaculture*, 5(4): 69-86.
- De Reyes, A., C.A., y A.I. Kehr. 2005. Ciclo de vida y aspectos reproductivos de una población de *Belostoma elegans* Mayr, 1871 (Heteroptera: Belostomatidae) en un ambiente permanente de Corrientes (Argentina). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 29(1): 111-124.
- Franco, M., y J. Luna-Figueroa. 2015. Consumo de pre-adultos de mosquitos por peces ornamentales. *Avances en Investigación Agropecuaria* (1): 53-67.
- García-Rodríguez J., J. Figueroa, M. Díaz-Vargas, M.P. Franco-Archundia, E. Arce-Urbe. 2020. Cultivo de alimento vivo y su utilización con relación al tamaño de la boca de peces ornamentales. *Investigación Agropecuaria* 17: 27-33.
- García-Vázquez, L. 2020. Revisión taxonómica de las especies epigeas del género caecidotea packard, 1871 (Crustacea: isópoda: asellidae) de la región central de México [Tesis de

- Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León] (52 pp).
- Gasco, L., M. Finke, y A. Van H. 2018. Can diets containing insects promote animal health?. *Journal of Insects as Food and Feed* 4(1): 1-4.
- González E., R. 2003. Los anfípodos de agua dulce del género *Hyalella* Smith, 1874 en Chile (Crustacea: Amphipoda). *Revista Chilena de Historia Natural* 76(4): 623-637.
- González-Flores, K.L., J. Luna-Figueroa, H. Olivares-Rubio, Díaz-Vargas, M. Polo-Franco, J. García-Rodríguez, E. Arce. 2022. Beneficios del alimento vivo en el crecimiento y la coloración de juveniles del pez pangasio (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Investigación Agropecuaria* 19: 54-61.
- González-Soriano, E., y R. Novelo-Gutiérrez. 2014. Biodiversidad de Odonata en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 243-251.
- Gudiño-Sosa, L.F., C. Escalera-Gallardo, G. Cruz-Cárdenas, R. Moncayo-Estrada, J.T. Silva-García, R. Flores-Magallón, y M.A. Chávez-Tinoco. 2022. Evaluación de la calidad del agua en un río subtropical y tributarios utilizando índices fisicoquímicos y macroinvertebrados acuáticos. *Hidrobiológica* 32(1): 33-50.
- Guedes A., C., I. Sousa-Pinto, y X. Malcata F. 2015. Application of microalgae protein to aquafeed. In *Handbook of marine microalgae*: 93-125.
- Hanson, P., M. Springer, y A. Ramirez. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical* 58: 3-37.
- Heard, W.H. 1977. Reproduction of fingernail clams (Sphaeriidae: Sphaerium and Musculum).
- Kenk, R. 1972. Oceanography and Limnology Program (Smithsonian Institution), United States Environmental Protection Agency. Freshwater planarians (Turbellaria) of North America. Washington, U.S. Environmental Protection Agency.
- Luna-Figueroa, J. 2002. Alimento vivo: Importancia y valor nutritivo. *Ciencia y Desarrollo* 166: 70-77.
- Luna-Figueroa, J. 2013. Alimento vivo en la dieta de peces. Una alternativa nutritiva. *Ciencia y Desarrollo* 39: 6-11.
- Luna-Figueroa, J. 2017. Un menú diverso y nutritivo en la dieta de peces: "El alimento vivo". *Agro Productividad* 10(9): 9-13.
- Luna-Figueroa, J., E. Arce, J. Figueroa, y M. Archundia. 2019. Pre-adults mosquito in fish species feeding. *International Journal of Aquatic Science* 10: 55-59.
- Luthada-Raswiswi, R., S. Mukaratirwa, y G. O'Brien. 2021. Animal protein sources as a substitute for fishmeal in aquaculture diets: A systematic review and meta-analysis. *Applied Sciences* 11(9): 3854.
- Mackay, R.J., y G.B. Wiggins. 1979. Ecological diversity in Trichoptera. *Annual Review of Entomology* 24(1): 185-208.
- Marchiori, C.H. 2022. Biodiversity of the Simuliidae family. *Journal of Science and Technology* 4(1): 01-12.
- Murrieta-Morey, G.A., J. Nájar, y F. Alcantara-Bocanegra. 2016. Incubación de huevos y determinación del ciclo biológico de *Chironomus* sp. (Chironomidae, Diptera) en cubetas de plástico. *Folia Amazónica* 25(1): 37-44.
- Nasrabadi, M., A. Azam, M. Molaezadeh, F. Bozorgomid, y F. Shahidi. 2022. Use of aquatic insects for biological control

- of mosquitoes (Diptera; Culicidae), vectors of different diseases. *Journal of Marine Science Research and Oceanography* 5(4): 247-252.
- Neubern de Olivera, C.S. 2006. Contribuição ao estudo do gênero *Ablabesmyia* Johannsen, 1905 (Diptera, Chironomidae, Tanypodinae): morfologia, taxonomia e bionomia, com descrições de espécies novas [Tesis de Maestría, Universidad Federal de San Carlos]
- Oceguera-Figueroa, A., y V. León-Régagnon. 2014. Biodiversidad de sanguijuelas (Annelida: Euhirudinea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 177-189.
- Pageo E.,B.R. 2012. Crustáceos anfípodos: una alternativa al alimento vivo usado tradicionalmente en acuicultura. *Chronica Naturae* (2): 64-72.
- Pennak, R.W. 1978. Fresh-water Invertebrates of the United States. Segunda Edición. John Wiley & Sons, N.Y. USA.
- Pérez-García, B., y J. Liria. 2013. Modelos de nicho ecológico fundamental para especies del género *Thraulodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(2): 600-611.
- Ramírez, A. 2010. Odonata. *Revista de Biología tropical* 58: 97-136.
- Reyes-Morales, F., y M. Springer. 2014. Efecto del esfuerzo de muestreo en la riqueza de táxones de macroinvertebrados acuáticos y el índice BMWP/Atitlán. *Revista de Biología Tropical* 62: 291-301.
- Salgado A.,I., E. Mérida J., y A. Cruz G. 2015. Los isópodos *Cymothoa exigua* y *Nerocila acuminata* (Isopoda: Cymothoidae), ectoparásitos de *Parapsettus panamensis* (Ephippidae), *Chloroscombrus orqueta* (Carangidae) y *Stellifer ericymba* (Sciaenidae) del Pacífico de Honduras. *Cuadernos de Investigación UNED* 7(2): 301-304.
- Springer, M. 2010. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical* 58(4): 151-198.
- Stevens, C.H., D.P. Croft, G.C. Paull, y C.R. Tyler. 2017. Stress and welfare in ornamental fishes: what can be learned from aquaculture? *Journal of Fish Biology* 91(2): 409-428.
- Strixino, G., y S. Trivinho-Strixino. 1998. Povoamentos de Chironomida (Diptera) em lagos artificiais. *Oecologia Brasiliensis* 5(1): 10.
- Suárez-Dauget, M.S., M. Díaz-Vargas, J. García-Rodríguez, E. Arce, y M. Franco. 2023. Laguna costera "cabeza de charco" (Guerrero, México), Composición fitoplanctónica y potencial para la acuicultura. *Investigación Agropecuaria* 20: 27-37.
- Tacon, A.G. 2020. Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 28(1): 43-56.
- Thorp, J.H. y A.P. Covich. 1991. Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press, Inc. USA.
- Velázquez, S.V., y C.H. Arce. 2015. Deterioro de la calidad del agua en la cuenca del río Apatlaco. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos* 11(23): 15-22.
- Wetzel, R.G. 1980. Limnología. Ediciones OMEGA, 116 pp.
- Woods, C.M.C. 2009. Caprellid amphipods: An overlooked marine finfish aquaculture resource? *Aquaculture*, 289: 199-211.

Referencias

- Abraha, B., Admassu, H., Mahmud, A., Tsighe, N., Shui, X. W., y Fang, Y. (2018). Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(4), 376-382. <https://doi.org/10.15406/mojft.2018.06.00191>.
- Akram, W., y Ali-Khan, H.A. (2016). Odonate nymphs: generalist predators and their potential in the management of dengue mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Arthropod-borne Diseases*, 10(2): 252. <https://doi.org/10.5555/20163029502>.
- Aldunate, M.T., Echechipía, S., Gómez, B.E., García, J.M., Olaguibel, A., Rodríguez B.E., y Tabat, A. (1999). Chironomids and other causes of fish food allergy. *Alergología e Inmunología Clínica*, 14, 140-145.
- Andara, M., Arias, J., Belandría, J., Brieva, J., y Gómez, W. (2016). Perfil de aminoácidos en dietas formuladas para la alimentación de peces, utilizando residuos del procesamiento industrial de crustáceos. *Revista Tecnocientífica URU*, (10), 59-66.
- Arce, E., Archundia, M. P. F., y Luna-Figueroa, J. (2018). The effect of live food on the coloration and growth in guppy fish, *Poecilia reticulata*. *Agricultural Sciences*, 9(02), 171. <https://doi.org/10.4236/as.2018.92013>
- Archundia, M., y Arce, E. (2019). Fighting behaviour in native fish: the Mexican mojarra (*Cichlasoma istlanum*) wins when confronted with the non-native convict cichlid fish (*Amatitlania nigrofasciata*). *Journal of Ethology*, 37(1), 67-73. <https://doi.org/10.1007/s10164-018-0569-5>
- Ballesteros S, De Barrio, L. Baeza M., y Sotés M. (2006). Allergy to chironomid larvae (red midge larvae) in non professional handlers of fish food. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 16(1), 63.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., y Stribling, J. B. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and Fish (2nd ed.). Washington DC: U.S. *Environmental Protection Agency*.

- Botero, M. (2004). Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17(1), 63-75.
- Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., y Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578-633. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- Brown, V., y Brussock, P. (1991). Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools. *Hidrobiología*, 220, 99-108. <https://doi.org/10.1007/BF00006542>
- Ceballos, G., Ehrlich, P., Barnosky, D., García, A., Pringle, R. M., y Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, 1(5), 120-128. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>
- Chambilla, A., G. R., Yujra Flores, E., y Gamarra Peralta, C. (2021). Reproducción y crecimiento de carachi amarillo *Orestias luteus* en condiciones de laboratorio utilizando alimento vivo. *Instituto del mar de Perú IMARPE*, 126, 1-18.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. (2008). La Cuenca del Río Apatlaco. Recuperemos el patrimonio ambiental de los morelenses, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 9-11.
- Contreras-MacBeath, T. (2020). La creación de un santuario para la carpita morelense (*Notropis boucardi*). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. III*. CONABIO, México, pp. 316-318.
- Contreras-MacBeath, T., Mojica, H. M., y Wilson, R. C. (1998). Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos, Mexico from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation*, 2(2), 67-78. <https://doi.org/10.1023/A:1009676403693>
- Da Cunha Sais, T., de Moraes, R. M., Ribolla, P. E., De Bianchi, A. G., Marinotti, O., y Bijovsky, A. T. (2003). Morphological aspects of *Culex quinquefasciatus* salivary

- glands. *Arthropod structure & development*, 32(2-3), 219-226.
[https://doi.org/10.1016/S1467-8039\(03\)00035-5](https://doi.org/10.1016/S1467-8039(03)00035-5)
- Das, P., Mandal, S. C., Bhagabati, S. K., Akhtar, M. S., y Singh, S. K. (2012). Important live food organisms and their role in aquaculture. *Frontiers in aquaculture*, 5(4), 69-86.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21105.07523>
- Duncan, J. R., y Lockwood, J. L. (2001). Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes. *Biological conservation*, 102(1), 97-105.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00077-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00077-5)
- Edmonson, W. T. (1959). *Fresh-Water Biology*. John Wiley, London.
- Figueroa, J. L., y Arce, E. (2019). Ventajas e inconvenientes del uso de alimento vivo en la nutrición de peces. *Inventio. La génesis de la cultura universitaria en Morelos*.
<https://doi.org/10.30973/inventio/2018.14.33/5>
- Franco, M., y Arce, E. (2022). Aggressive interactions and consistency of dominance hierarchies of the native and nonnative cichlid fishes of the Balsas basin. *Aggressive Behavior*, 48(1), 103-110. <https://doi.org/10.1002/ab.21997>
- Franco, M., y J. Luna-Figueroa. (2015). Consumo de pre-adultos de mosquitos por peces ornamentales. *Avances en Investigación Agropecuaria* (1), 53-67.
- Franco-Cotero, H., Lagunas-Celis, D., Franco, M., Díaz-Vargas, M., García-Rodríguez, J. y Arce, E. (2024). Macroinvertebrados acuáticos del río Apatlaco, Morelos, México: Potencial uso como alimento vivo en acuicultura. *Investigación Agropecuaria* 21, 1-14.
- García-Ortega, A. (2000). Valor nutricional de los quistes de Artemia y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces, en L. Elizabeth Cruz-Suarez, Denis Ricque-Marie, Mireya Tapia-Salazar, M. A. Olvera-Novoa y R. Civera-Cerecedo (eds.), *Avances en nutrición acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22, Mérida, Yucatán, México, 2000, pp. 287-299.

- García-Rodríguez J., J. Luna-Figueroa, M. DíazVargas, M.P. Franco y E. Arce. (2020). Cultivo de alimento vivo y su utilización con relación al tamaño de la boca de peces ornamentales. *Investigación Agropecuaria*, 17, 27-33.
- Garzón, J. S. V. y Gutiérrez-Espinosa, M. C. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista politécnica*, 15(30), 82-93. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>
- Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., y Caruso, G. (2018). Fishmeal alternative protein sources for aquaculture feeds. *Feeds for the aquaculture sector: current situation and alternative sources*, 1-28. [https://doi.org/ 0.1007/978-3-319-77941-6_1](https://doi.org/0.1007/978-3-319-77941-6_1)
- González-Flores, K.L., J. Luna-Figueroa, H. Olivares-Rubio, Díaz-Vargas, M. Franco, J. García-Rodríguez, E. Arce. (2017). Beneficios del alimento vivo en el crecimiento y la coloración de juveniles del pez pangasio (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Investigación Agropecuaria*, 19, 54-61.
- Gudiño-Sosa, L.F., C. Escalera-Gallardo, G. Cruz-Cárdenas, R. Moncayo-Estrada, J.T. Silva-García, R. Flores-Magallón, y M.A. Chávez-Tinoco. (2022). Evaluación de la calidad del agua en un río subtropical y tributarios utilizando índices fisicoquímicos y macroinvertebrados acuáticos. *Hidrobiológica*, 32(1), 33-50. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2022v32n1/gudino>
- Guedes, A. C., Sousa-Pinto, I., y Malcata, F. X. (2015). Application of microalgae protein to aquafeed. In *Handbook of marine microalgae*, 93-125. [https://doi.org/ 10.1016/B978-0-12-800776-1.00008-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800776-1.00008-X)
- Gupta, S., Pal, A. y Venkateshwarlu, G. (2007). Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. *Indian Journal Natural Products and Resources*, 6(1), 46-49.
- Hanson, P., Springer, M., y Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de biología tropical*, 58, 3-37.

- IUCN (2021). The IUCN red list of threatened Species™ (2000–2021; version 2021-3). Available at: <https://www.iucnredlist.org/> (Accessed April 28, 2022).
- Kamalam, B. S., Medale, F., y Panserat, S. (2017). Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: new insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. *Aquaculture*, 467, 3-27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.007>
- Kapil, D., y Gruebele, M. (2015). Fast-folding proteins under stress. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 72(22), 4273-4285. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-2002-3>
- Luna-Figueroa, J. y Arce, E. (2018). Un menú diverso y nutritivo en la dieta de peces: “El alimento vivo”. *Agro Productividad*, 10(9), 9-13.
- Luna-Figueroa, J. (2002). Alimento vivo: Importancia y valor nutritivo. *Ciencia y Desarrollo*, 166, 70-77.
- Luna-Figueroa, J. (2007). Efecto de larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Dyar como alimento vivo sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* Jordan y Snyder. *Naturaleza y Desarrollo*, 5(1), 11-16.
- Luna-Figueroa, J. (2013). Alimento vivo en la dieta de peces. Una alternativa nutritiva. *Ciencia y Desarrollo*, 39, 6-11.
- Luna-Figueroa, J., Arce, E., Figueroa, J., y Franco, M. (2019). Pre-adults mosquito in fish species feeding. *International Journal of Aquatic Science*, 10, 55-59.
- Luna-Figueroa, J., y Figueroa, T. J. (2003). Crecimiento de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces-Cichlidae): alimento vivo versus alimento comercial. *In Memorias II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA)*. <http://www.civa2003.org>.
- Luthada-Raswiswi, R., Mukaratirwa, S., y O'Brien, G. (2021). Animal protein sources as a substitute for fishmeal in aquaculture diets: A systematic review and meta-analysis. *Applied sciences*, 11(9), 3854. <https://doi.org/10.3390/app11093854>

- Maan, M. E., y Sefc, K. M. (2013). Colour variation in cichlid fish: developmental mechanisms, selective pressures and evolutionary consequences. *In Seminars in Cell & Developmental Biology*, 24 (6-7), 16-528. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2013.05.003>
- MatNawang, S. U. S., Ching, F. F., y Senoo, S. (2019). Comparison on growth performance, body coloration changes and stress response of juvenile river catfish, *Pangasius hypophthalmus* reared in different tank background colour. *Aquaculture Research*, 50(9), 2591-2599. <https://doi.org/10.1111/are.14215>
- Mejía-Mojica, H., de Jesús Rodríguez-Romero, F., 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(2), 669-681.
- Mittmann, B., Ungerer, P., Klann, M., Stollewerk, A., y Wolff, C. (2014). Development and staging of the water flea *Daphnia magna* (Straus, 1820; Cladocera, Daphniidae) based on morphological landmarks. *EvoDevo*, 5(1), 12. <https://doi.org/10.1186/2041-9139-5-12>
- Murrieta-Morey, G.A., J. Nájjar, y F. AlcantaraBocanegra. (2016). Incubación de huevos y determinación del ciclo biológico de *Chironomus* sp. (Chironomidae, Díptera) en cubetas de plástico. *Folia Amazónica*, 25(1), 37-44. <https://doi.org/10.24841/fa.v25i1.381>
- Nasrabadi, M., A. Azarm, M. Molaezadeh, F. Bozorgomid, y F. Shahidi. (2022). Use of aquatic insects for biological control of mosquitoes (Diptera; Culicidae), vectors of different diseases. *Journal of Marine Science Research and Oceanography*, 5(4), 247-252. <https://doi.org/10.33140/JMSRO>
- Navarro, F. K. S. P., y Navarro, R. D. (2017). Importance of colors on growth, welfare and reproduction of fish. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 20(2), 45-48. <https://doi.org/10.25110/arqvet.20i1.2017.6320>
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, *Lista de especies en riesgo*.

- Pageo E.,B.R. (2012). Crustáceos anfípodos: una alternativa al alimento vivo usado tradicionalmente en acuicultura. *Chronica Naturae*, 2, 64-72.
- Pennak, R. W. (1978). Fresh-water Invertebrates of the United States. *Segunda Edición*. John wiley & Sons, N. Y. USA.
- Prieto, M., Castaño, F., Sierra, J., Logato, P., y Botero, J. (2006). Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos. *Revista MVZ Córdoba*, 11, 30-36.
- Reyes-Morales, F., y Springer, M. (2014). Efecto del esfuerzo de muestreo en la riqueza de táxones de macroinvertebrados acuáticos y el índice BMWP/Atitlán. *Revista de Biología Tropical*, 62, 291-301. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15793>
- Salgado A.,I., E. Mérida J., y A. Cruz G. (2015). Los isópodos *Cymothoa exigua* y *Nerocila acuminata* (Isopoda: Cymothoidae), ectoparásitos de *Parapsettus panamensis* (Ephippidae), *Chloroscombrus orqueta* (Carangidae) y *Stellifer ericymba* (Sciaenidae) del Pacífico de Honduras. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(2), 301-304.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., y Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to imagej: 25 years of image analysis. *Nature methods*, 9(7), 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Shujuan, X., Liang, X., Zhang, X., Oliva-Teles, A., Peres, H., Li, M. y Xue, M. (2024). Essential amino acid requirements of fish and crustaceans, a meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, 16(3), 1069-1086. <https://doi.org/10.1111/raq.12886>
- Song, Z., Xiaoli, A. M., y Yang, F. (2018). Regulation and metabolic significance of de novo lipogenesis in adipose tissues. *Nutrients*, 10(10), 1383. <https://doi.org/10.3390/nu10101383>
- Stevens, C.H., D.P. Croft, G.C. Paull, y C.R. Tyler. (2017). Stress and welfare in ornamental fishes: what can be learned from aquaculture?. *Journal of Fish Biology*, 91(2), 409-428. <https://doi.org/10.1111/jfb.13377>
- Suárez-Dauget, M.S., M. Díaz-Vargas, J. García-Rodríguez, E. Arce, y M. Franco. (2023). Laguna costera “cabeza de charco” (Guerrero, México), Composición fitoplanctónica y potencial para la acuicultura. *Investigación Agropecuaria*, 20, 27-37.

- Tacon, A. G. (2020). Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Reviews in Fisheries Science y Aquaculture*, 28(1), 43-56. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>
- Thongprajukaew, K., Kovitvadhi, U., Kovitvadhi, S., Somsueb, P., y Rungruangsak-Torrissen, K. (2011). Effects of different modified diets on growth, digestive enzyme activities and muscle compositions in juvenile Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). *Aquaculture*, 322, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.006>
- Thorp, J. H. y Covich, A. P. (1991). Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. *Academic Press, Inc.* USA.
- Thorp, J. H., y Rogers, D. C. (2014). Thorp and Covich's freshwater invertebrates: ecology and general biology Vol. 1. Elsevier.
- Vasudhevan, I., y Asokan, K. (2017). Effects of optimum vitamin E with different levels of vitamin C on growth, reproduction and immune response in blue gourami (*Trichogaster trichopterus*). *Emergent Life Sciences Research*, 3, 57-62. <https://doi.org/10.7324/ELSR.2017.315762>
- Velázquez, S. V., y Arce, C. H. (2015). Deterioro de la calidad del agua en la cuenca del río Apatlaco. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 11(23), 15-22.
- Wetzel, R. G. y Likens, E. G. (1979). Limnological analysis. *W. B. Saunders Co.*, London.
- Wetzel, R.G. (1980). Limnología. Ediciones OMEGA.
- Woods, C.M.C. (2009). Caprellid amphipods: An overlooked marine finfish aquaculture resource? *Aquaculture*, 289, 199-211. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.018>
- Yi-Juan, W., Yew-Hu, C. y Chih-Hung, P. (2006). Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture*, 261(2), 641-648. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.08.040>

Zhao M, Wang CY, Sun L, He Z, Yang PL, Liao HJ. y Feng Y. (2021). Edible Aquatic Insects: Diversities, Nutrition, and Safety. *Foods*, 6, 10-18.
<https://doi.org/10.3390/foods10123033>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 11 de mayo de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO NATIVO MOJARRA CRIOLLA**; que presenta el estudiante **Biol. Héctor Eduardo Franco Coter**, el cual se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Marco Polo Franco Archundia en codirección con la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

DR. MARCO POLO FRANCO ARCHUNDIA
PROFESOR-INVESTIGADOR DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARCO POLO FRANCO ARCHUNDIA | Fecha:2026-05-21 15:56:36 | FIRMANTE

cdkrNBokTfx2Qh+/B6l2ntiF0oZFenXky8GPDhSeftqTKw6+L0lh4fLYe3yd2OnR7BvjA60/H7TMHRBm7RIEBe5VoH4FxKSyclhVcmtLmB1RSB+kK7wbzPwPldCsx19vtP6MxbSy9qL5Tm1fNYI9CQTZYXHZLY1U5Trhd2mdFOqoRu6fyZvh4OW1FNIs6ISqPPIAA7hBbDaQmnn+al/BFY7OZvWDb/gAM7PewjzotFXDkQkbmuPsLNZEaitPc+ok9eauhtSd/wonv+LZdOae8BF28WbhCFSu/C3+2cAQFXjLWS1lF/AgtKK2vq7WVlyBdSPmrOExWturCIXm9HFA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



4BsgTtKjk

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/5vcGH6L4Wvhgd4jy705QoYJKuolkior5>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 11 de mayo de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO NATIVO MOJARRA CRIOLLA**; que presenta el estudiante **Biol. Héctor Eduardo Franco Coter**, el cual se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Marco Polo Franco Archundia en codirección con la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

M. EN C. MIGDALIA DIAZ VARGAS
PROFESORA-INVESTIGADORA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MIGDALIA DIAZ VARGAS | Fecha:2026-05-21 15:38:49 | FIRMANTE

I2XNwcTSpMp/pBWYQAgBDoJwcvPCoVfE9paRtYG3j2y3xWZWAj6VITTVIIISexe2GW+z5atblxbfGUko7qkoBpu5Uweb1LmEp0ulAgmtAXv91RA/XBNsKOpXDgfvLRzUlwLv0aTqT8ipxsafju+7sSSaYQ4TXjmfaE/JISj1U+AeVlwpp/Fp8IWwMz+XFQWCENFrp2u62HggVno/6LyI04u7uZh0gcTI9nmoiGZOqZQscMPtR5FNvh3rGAILnBwfgYdMj3GOW2P6/EcMrn0TUYrno9gQhZP+ToTW50pDfn3jUufdxFmiY5fhBBBwVd+qDmVwz5lml14zeHB2Z+9jgQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[hlpCqm3GU](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/fEsnMjjcORiDBxoC7YJEWy48QaBqoVMR>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 11 de mayo de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO NATIVO MOJARRA CRIOLLA**; que presenta el estudiante **Biol. Héctor Eduardo Franco Coter**, el cual se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Marco Polo Franco Archundia en codirección con la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

M. EN C. JUDITH GARCÍA RODRÍGUEZ
PROFESORA-INVESTIGADORA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JUDITH GARCIA RODRIGUEZ | Fecha:2026-05-21 16:08:00 | FIRMANTE

ZeJyEkhdBcp9/0PB5sl130PkC6oxMQmOWXfBBwf9M/63vCza2DvWVcdqliWMrZIM5s6LNOhM3auivIAFgkVhieV6wmu/5Hflii/PTLGy057S3jdNa+akEgTVU/xaFX8VmLXN6tAgW9f/Azqs7QHc8AHIRUxsWstke2qPIOTH2rUdz/IHuj5oi12NskNhih0YPw7w/w2P6ZBqlevBCTtnYA9hbxBZfs7TTOPzY+8+p8+z8PQGR6dhnBNunHC0fVYglFm+qQVi5yDAmTMNf dxM8DEe2rniCgpRu826nBgCMowVqZ8e2V9DNAuJ/ynZnr10zkgdMJRyzVLtmCdKOS7T3Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



VJXszf0xu

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/m1403M73IJSYz7gh9k5E123TCOZ766Dk>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 11 de mayo de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO NATIVO MOJARRA CRIOLLA**; que presenta el estudiante **Biol. Héctor Eduardo Franco Coter**, el cual se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Marco Polo Franco Archundia en codirección con la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

DRA. ROSA GABRIELA BELTRÁN LÓPEZ
PROFESORA-INVESTIGADORA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

ROSA GABRIELA BELTRAN LOPEZ | Fecha:2026-05-22 08:31:41 | FIRMANTE

qpGymYMPYkQs8jjkFLhjmT24LhIRXiOpvjKmizGui7Q1WSYUptwQdxBzBjZtfzPPWjl8e1iVml/AK/oYG4TIPzvSblPDJrkGd4hO9pKP8BFCVTxY7wtpgduuDVeQilkb+LmS2xr/MMgDfPXnsd+vYEobLwZcOMOhMRByD7tj5v7FPdVt6YIRN4v0rnQk2MyP9VWwlKaaGwpzD0nzAeXWwSXOEFoou70adLIOFEk2P+pE0XnEORZZRnegMENcdc8qzuECGNrEkBTz+t d74RpaxDRq57K8yUXJS/evR5ASCOxeHxlejE0CyX8tgAiNKAY8RRRJASPPcpPpcfNko+LuXvQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



8ZeylL10F

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ljDOONhBFHlzelrUzRkBIQEppQ0uYmRa>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 11 de mayo de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO NATIVO MOJARRA CRIOLLA**; que presenta el estudiante **Biol. Héctor Eduardo Franco Coter**, el cual se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Marco Polo Franco Archundia en codirección con la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

M. EN M.R.N. ANAYELLI MARTÍNEZ ZAVALA
PROFESORA INVITADA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

ANAYELLI MARTÍNEZ ZAVALA | Fecha:2026-05-22 09:52:17 | FIRMANTE

Xlalmnem7QekScb+rl1wPUihvs49ZNjrj1Lde4Oli0kXnf/7BUUut7gPx4bL6Mck3Wta7OVGXWGifhnhmj93CpYUichVrcXcYL8eVQe66dk2wVa4HuGpZjOT4Rq+SJCHktArHagdNI9pXN6OclA5Ai3y5q+9T1R6ZaSGRGAh1TFgePJlI2Rgqhlcp6X8f+2T+NZpzYllpoGqop+mFBzsDpwoMnxH7/69cye1g70fzsHP2e3lqCDBAJWtMcl5lC+/a4eGn0rSo3mVU1+2tRWHV8sQiX/F/YehbzeJo3HVB1cAdXJXttHZoBgZP57sSZwARsxAouH/Bh0HJIEqPK9NA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



JWbrGp95P

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/hrywEoC9BsoMOZzjYZgXRRLngTW7e5zF>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 11 de mayo de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CÍCLIDO NATIVO MOJARRA CRIOLLA**; que presenta el estudiante **Biol. Héctor Eduardo Franco Coter**, el cual se llevó a cabo bajo la dirección del Dr. Marco Polo Franco Archundia en codirección con la M. en C. Migdalia Díaz Vargas, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

MADEI. OLIVIA ELIZABETH DE LOS SANTOS MAYO
PROFESORA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

OLIVIA ELIZABETH DE LOS SANTOS MAYO | Fecha:2026-05-21 15:50:41 | FIRMANTE

JqdpXFgED/fQ8nUjmg6ZA1M3uQj0iXBvg/hhpktEv+KLMI/TW9vO07i4FtAdEuKfDxKs45PkS3ol/+w4UeFwj1oWNonuRf/Ga/gf9h0qrGeCztyOdRhZKN3njechgt+/mHssymSQhIWvqg0oyudca7bvUufKUg/cSFsce+MXG/REaXz0TziMZ93PTrCiSipmTi6QVv8qlQ3vKWmcIAZHLVwKiAma9qxBKONT8AbHKw1jB9y2SscHgEhb/cCVIltjOWS1uAKtQh8nvQM12hjFUdB5YyZnU3K0p/FQWX1rvGkiVjLQCAy57mR5QcAITPbWf3aX7OLJu4k+JeUF3Mcl6w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



N1eKozUlt

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Tx3N8YJzyVhRMwYVViWBZNwLdnhNAWrB>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029