



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2024; 15:1-16. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2024.11>
Artículo Original. Recibido: 05/10/2023. Aceptado:21/06/2024. Publicado: 19/07/2024. Clave: e2023-39.
<https://www.youtube.com/watch?v=98Qe2qMJVOQ>

Crecimiento y sobrevivencia de *Chirostoma jordani* en el Sitio Ramsar 1986-Atlangatepec, Tlaxcala, México

Growth and survival of *Chirostoma jordani* at Ramsar Site 1986-Atlangatepec, Tlaxcala, Mexico



Suárez-Sánchez Juan*¹ ID, Tetlacuilo-Barríos Lizbeth² ID, Torrejón-González Alfonso² ID, Muñoz-Nava Hipólito¹ ID, García-de-Jesús Sandra¹ ID, Barrientos-Rivera Guillermina**¹ ID

¹Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología, Maestría en Ciencias en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. México. ²Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología, Licenciatura en Biología. México. *Autor responsable: Suárez-Sánchez Juan. **Autor de correspondencia: Barrientos-Rivera Guillermina. km 10.5, autopista Texmelucan-Tlaxcala, municipio Ixtacuixtla, Tlaxcala, México, CP. 90120. 7335825192. E-mail: juan.suarez.s@uatx.mx, liztetlacuilo24@gmail.com, 20190973@uatx.mx, hipolito78@hotmail.com, sandra.garcia.dej@uatx.mx, guimagic.16@gmail.com

RESUMEN

Chirostoma jordani, comúnmente conocido como charal, es una especie de importancia ictiológica, económica y cultural en la presa Atlangatepec y juega un papel fundamental en el sitio Ramsar 1986. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la dinámica de la población del *C. jordani* en el sitio Ramsar 1986-Atlangatepec, mediante el uso de modelos matemáticos, calidad del agua y análisis biométrico de la población. Se confirmó la taxonomía de la especie a través de un análisis morfométrico. Se midieron los parámetros más críticos para la sobrevivencia del charal, a saber, temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, sólidos totales, conductividad eléctrica y demanda química de oxígeno. Utilizando mediciones como peso y longitud, se determinó un análisis biométrico. Como resultado se obtuvo un índice que muestra una calidad aceptable del agua en la presa. En cuanto a la relación peso-longitud ha sido un análisis de utilidad en la pesquería, lo que deja en claro que la actividad pesquera en la presa se está realizando a través de un aprovechamiento óptimo; por tanto, son estrategias que mejorarán el manejo de la presa para incrementar el crecimiento, reproducción y supervivencia de este pez y a su vez del progreso socioeconómico de la región.

Palabras clave: conservación, presa Atlangatepec, Atherinidae, pesquería, importancia alimenticia.

ABSTRACT

Chirostoma jordani, commonly known as charal, is a species of ichthyological, economic and cultural importance in the Atlangatepec dam and plays a key role in the 1986 Ramsar site. This research aims to assess the population dynamics of *C. jordani* at the Ramsar site 1986-Atlangatepec, using mathematical modelling, water quality and biometric analysis of the population. The taxonomy of the species was confirmed through morphometric analysis. The most critical parameters for charal survival were measured, namely temperature, pH, dissolved oxygen, total dissolved solids, total solids, electrical conductivity and chemical oxygen demand. Using measurements such as weight and length, a biometric analysis was determined. As a result, an index showing acceptable water quality in the dam was obtained. As for the



weight-length ratio, it has been a useful analysis in the fishery, which makes it clear that the fishing activity in the dam is being carried out through optimal use; therefore, these are strategies that will improve the management of the dam to increase the growth, reproduction and survival of this fish and in turn the socio-economic progress of the region.

Keywords: conservation, Atlangatepec dam, Atherinidae, fishery, food importance.

INTRODUCCIÓN

En el 2008, se designa importancia internacional Ramsar a la presa Atlangatepec, considerado como un humedal que alberga una gran diversidad biológica, lo que ha sido una motivación importante en el ejercicio de la conservación del cuerpo acuático y principalmente para la población en torno a éste. Se asocian al humedal aproximadamente 125 especies de aves acuáticas, entre migratorias (66.15%) y residentes (33.85%) ([Sánchez-Santillán et al., 2004](#)), un ejemplo, es el águila cabeza blanca (*Haliaeetus leucocephalus*) registrada en la presa en 2016 ([Windfield & Fernández et al., 2019](#)); además de ser el hábitat de una especie de ajolote (*Ambystoma tigrinum*) que se encuentra bajo categoría “prioritaria” en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ([SEMARNAT, 2018](#)). Incluidas varias especies en categoría amenazada, *Anas platyrhynchos* (pato real), *Botaurus lentiginosus* (garza norteña de tular), *Pelecanus erythrorhynchos* (pelicano californiano); en protección especial, *Dendrortyx barbatus* (codorniz coluda), *Accipiter cooperii* (gavilán de Cooper), entre otros ([Lara et al., 2015](#); [Windfield & Fernández, 2019](#)).

Otro elemento a considerar es que al ser la presa el cuerpo de agua más grande e importante en el estado de Tlaxcala se desarrolla en esta, actividad acuícola y pesquera de especies como carpa (*Cyprinus carpio*) y charal (*Chirostoma* sp.). Cabe señalar que México cuenta con 375 especies dulceacuícolas de las cuales 60% son nativas, destacando en ellas el género *Chirostoma*, que forma parte de la familia Atherinopsidae. *Chirostoma jordani* es una de las especies de importancia en los charales de Tlaxcala y de México. *C. jordani*, fue considerado como la especie más primitiva del grupo “jordani” por su similitud morfológica y morfométrica con *C. estor*, lo que podría deberse a los procesos orográficos que surgieron de modificaciones lacustres y fluviales ([Urbina-Sánchez et al., 2016](#)).

El charal, se considera una especie endémica en México y su distribución se enmarca en los lagos del Valle de México como Xochimilco, Chimalhuacán, Texcoco y Tláhuac; la cuenca del Río Lerma; las lagunas de Juanacatlán (Jalisco); Santa María y San Pedro Lagunillas (Nayarit). Se encuentra distribuido en la laguna de Zacapu (Michoacán), embalses del estado de México, Tlaxcala, así como en el Lago de Tecocomulco, Hidalgo. Aunque la mayoría fueron introducidos en estados como: Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz ([Miller et al., 2005](#); [Soria-Barreto & Paulo-Maya, 2005](#); [Bustamante et al., 2018](#)).



Sin embargo, a pesar de la importancia socio-ecológica de la Presa Atlangatepec, las poblaciones de *Chirostoma* han disminuido considerablemente, lo que podría comprometer la población del charal así como su calidad como recurso pesquero (Granados, 2021); esto se debe a que el humedal presenta externalidades negativas, entre los que destacan la fluctuación en el espejo de cuerpo del agua, que de julio a agosto de 2019 tenía una capacidad de 73% (Copernicus, 2024); además, el cambio de uso de suelo hacia actividades agropecuarias, la deforestación que suma altos niveles de sedimentación (15 millones de toneladas estimadas de 1961 al 2004) y el vertimiento de aguas residuales (Urbina-Sánchez *et al.*, 2016), la sobre pesca e introducción de especies exóticas (Granados, 2021).

Conservar las especies nativas implica no sólo conocer su biología, sino también su contexto socio-ecológico para tenerlas en cuenta como necesidades básicas en el crecimiento, desarrollo y reproducción de estos organismos (Morrison, 2016); ya que la contaminación, la eutrofización y la sobreexplotación pesquera han conducido a la reducción de su producción y su baja tasa de crecimiento trayendo implicaciones en su madurez sexual, estos son algunos factores que complican el éxito de esta especie tanto reproductivo como económico (Rojas, 2013). Sin embargo, hasta el momento no existe un plan de manejo con énfasis en conservar y utilizar en forma sostenible los recursos dulceacuícolas para el desarrollo sostenible (ODS, 2023), como lo es *C. jordani* en la presa en estudio.

Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la dinámica de la población del *Chirostoma jordani* en la presa Atlangatepec, Tlaxcala, mediante el uso de modelos matemáticos, análisis biométricos y la caracterización de la calidad del agua, para fundamentar el aprovechamiento sustentable de este recurso.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La investigación se realizó en La presa Atlangatepec, la cual se ubica al norte del estado de Tlaxcala. Forma parte de la cuenca del Río Zahuapan, región hidrológica 18, que corresponde al Río Balsas. Cuenta con un área total de 1200 ha, representando el 0.26% del territorio del estado. Sus coordenadas en unidades geográficas (DATUM WGS84) son: 19°33'31.39" N 98°10'49.87"O, con una elevación de 2488 msnm.

Esta presa posee un clima templado subhúmedo "C(w1)", con lluvias en verano, la temperatura anual está entre los 20 y 21°C (CONAGUA, 2023); forma parte de la cuenca hidrológica Río Balsas, la subcuenca es alimentada por cuatro afluentes principales: La Herradura, El Peñón, Atlangatepec (intermitentes) y Zahuapán (perenne); con un nivel de almacenamiento normal de 54.7 millones de m³ (Winfield-Pérez & Fernández, 2019), rodeada de tule (*Typha sp.*, y *Scirpus lacustris*), además, de otros géneros como *Marsilea sp.*, *Ranunculus sp.*, *Lemna sp.*, *Nymphaea sp.*, *Nymphoides* y *Eichornia sp.* los cuales proveen refugio a una gran diversidad de aves acuáticas (Figura 1).

Unidades de muestreo

Las cuatro estaciones de muestreo: Aeropuerto, Compuerta, Santa Clara y San Luis, están ubicadas en la presa de Atlangatepec. La estación de muestreo San Luis está ubicada al noreste del cuerpo de agua, en las inmediaciones donde ingresa el río Zahuapan a la presa y además recolecta el agua de lluvia del 50% del área de la subcuenca, la estación Santa Clara se ubica en el noroeste de la presa y recolecta el agua de lluvia del 35% del área, la de Aeropuerto se ubica al sureste de la presa y recolecta el agua de lluvia del 5% y finalmente la estación Compuerta recolecta el agua de lluvia del 10% del área de la subcuenca y se ubica al suroeste de la presa (Figura 1).

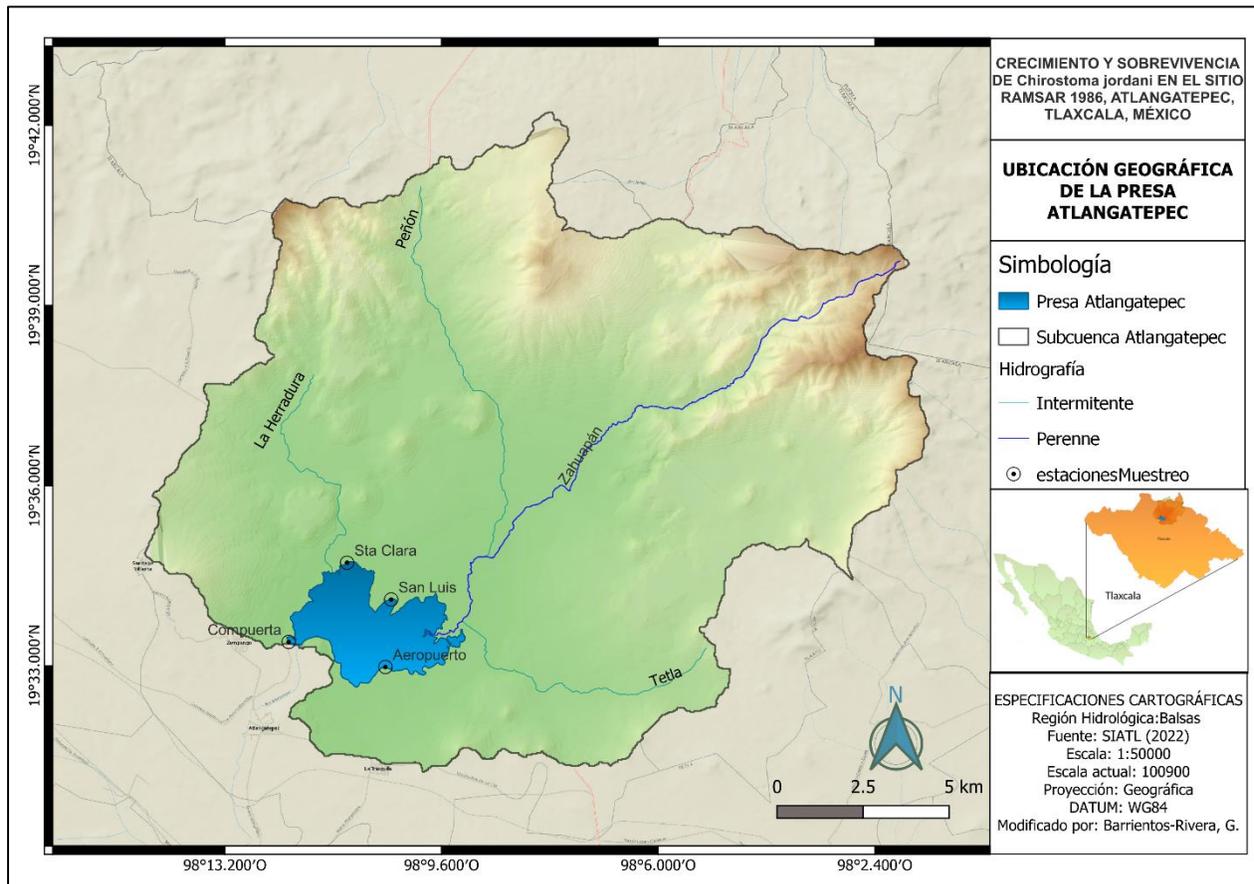


Figura 1. Ubicación geográfica de la subcuenca de Atlangatepec, sitio Ramsar 1986, Tlaxcala, México

Análisis de la calidad del agua

El muestreo se realizó durante la estación de estiaje (marzo de 2022) y de lluvias (agosto de 2021). Las muestras de agua se recolectaron en frascos de vidrio de boca ancha de 1 litro previamente lavadas con jabón neutro. Se colectó una muestra por periodo de cada estación. Es decir, fueron en total 8 muestras. Estas muestras se conservaron en hielo y



se protegieron de la luz solar para su transporte al laboratorio y sus posteriores análisis. De los cuales, se determinaron: sólidos totales (SCFI, 2015) y, demanda química de oxígeno (SCFI, 2012). *In situ* se registraron temperatura y pH por potenciometría con un equipo Marca OAKTON serie 310, oxígeno disuelto se determinó con un equipo marca Hach modelo HQ-40, sólidos disueltos totales y conductividad por conductimetría con un equipo marca ORION serie 105.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las muestras, lo cual mostrará cómo las variaciones y distribución de los parámetros afectan y/o benefician la estabilidad del hábitat.

Análisis biométrico y modelos matemáticos

Se recolectaron un total de 300 peces en cada muestreo, en total se evaluaron 1500 organismos, utilizando una red de arrastre de 15 x 2 m y 0.7 cm de apertura de malla. De cada ejemplar se registraron las siguientes características: longitud parcial (l) y peso (W), para ajustar la ecuación peso-longitud de acuerdo con Gómez (2018). En el cual se utilizó un ictiómetro con precisión en mm y el peso se determinó en una balanza granataria marca aeADAM modelo AAA300 L.

$$W_t = al_t^b \quad \text{Ec. 1}$$

Donde W_t es el peso de charal al tiempo t , l_t es la longitud parcial del charal al tiempo t , a y b son coeficientes de ajuste.

También se colectaron cinco escamas de cada ejemplar de la parte superior de la línea lateral, las cuales se desprendieron con una pinza de disección punta curva, en 150 organismos de cada muestreo, éstas se observaron en un microscopio para determinar la edad específica del organismo, mediante el análisis de sus anillos de crecimiento, con esta información se ajustó el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (Yuan *et al.*, 2017).

$$l_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde l_t es la longitud parcial del charal al tiempo t , L_∞ es la longitud máxima del charal, k es la razón de crecimiento, t_0 es la edad hipotética para longitud 0 y e es la base de los logaritmos naturales.

También, se estimó la tasa instantánea de mortalidad anual del charal por el método de Chapman y Robson (Sierra *et al.*, 2020), mediante el análisis de la distribución de frecuencias de captura por edad en los muestreos.

$$Z = Ln \left[\frac{(1+\bar{t}+1/n)}{\bar{t}} \right] \quad \text{Ec. 3}$$



Donde Z es la tasa instantánea de mortalidad anual del charal, \bar{t} es la edad promedio de la captura y n es el número de charales en la captura.

Y se contrastó con la estimación de la tasa instantánea de mortalidad anual (Z), por el método de Beverton y Holt (Pope *et al.*, 2021).

$$Z = \frac{k(L_{\infty} - \bar{l})}{\bar{t} - l'} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde k y L_{∞} , son los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bettalanffy, \bar{l} es la longitud parcial promedio de la muestra y l' es la longitud parcial mínima de la muestra.

Se calcularon los rendimientos crudos, con el producto de los incrementos anuales en el crecimiento en peso del charal por la sobrevivencia anual, calculada con el modelo de Chapman y Robson, así como el modelo de Beverton y Holt.

Para finalizar, se elaboró una base de datos para su posterior análisis estadístico, es cual consistió en un análisis descriptivo en el que se evaluó el valor máximo, mínimo, media y desviación estándar, utilizando Microsoft Excel Professional Plus 2019 y, se utilizó el software Past 4.13 para ajustar los modelos matemáticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la calidad del agua en la presa

Los valores observados en los muestreos de las cuatro estaciones en las dos épocas de muestreo se comportaron de la siguiente manera. El pH osciló entre 7.3 y 8.8 unidades, con un promedio de 7.9, el valor más bajo se presentó en la época de lluvia en la estación de muestreo Aeropuerto y el más alto en la época de estiaje en la estación de muestreo San Luis; valores ligeramente básicos; según la información descrita por Viguera-Velázquez *et al.* (2020), el pH es adecuado para las condiciones de vida de la especie *Chirostoma jordani*. En cuanto a la temperatura está fluctuó entre 19.8 ± 2.7 °C. La temperatura es crítica para el desove e incubación; su valor óptimo es de 15.1 a 30°C (Latournerié-Cervera *et al.*, 2021; Mar 2015). Las altas temperaturas durante el desarrollo temprano pueden afectar la proporción del sexo, como es el caso de *C. estor* (Corona-Herrera *et al.*, 2016), ya que es un mecanismo que puede verse afectado en un escenario de cambio climático (Strüssmann *et al.*, 2010).

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro que se debe controlar por el consumo de alimento, es decir, a menor concentración de OD el consumo de alimento se reduce, lo que genera deficiencia del crecimiento. Se mostraron valores en un rango de 1.8 a 6.7 mg L⁻¹, con una media de 5.1 mg L⁻¹. Se registraron valores inferiores en época de lluvia (1.8 mg L⁻¹ y 2.1 mg L⁻¹), en época de estiaje se presentaron de 6.5 a 6.7 mg L⁻¹. Concentraciones superiores a 6.5 mg L⁻¹ son los óptimos para evitar estrés y/o posible



anoxia (Vázquez-Burgos *et al.*, 2019). Aunque al igual que *C. estor* soporta concentraciones mínimas de aproximadamente 4.5 mg L^{-1} (Paca *et al.*, 2019). Los sólidos totales (ST) oscilan entre 395 a 705 mg L^{-1} , con una media de 549 mg L^{-1} . Los sólidos disueltos totales (SDT), mostraron el mismo comportamiento que los sólidos totales, con un rango de 328 a 642 mg L^{-1} , para la estación Aeropuerto y un promedio de 480 mg L^{-1} . Las estaciones de muestreo Aeropuerto y Compuerta, mostraron una mayor concentración de sólidos totales y sólidos disueltos totales en la época de lluvia; mientras que las estaciones Santa Clara y San Luis, presentaron un comportamiento inverso, estos resultados permiten suponer que es debido a la entrada de agua del río Zahuapan (Figura 2); los valores observados de sólidos totales se ubican alrededor de los valores mínimos observados por Mar (2015) (440 mg L^{-1}), para el Lago Cuitzeo, donde habita el charal.

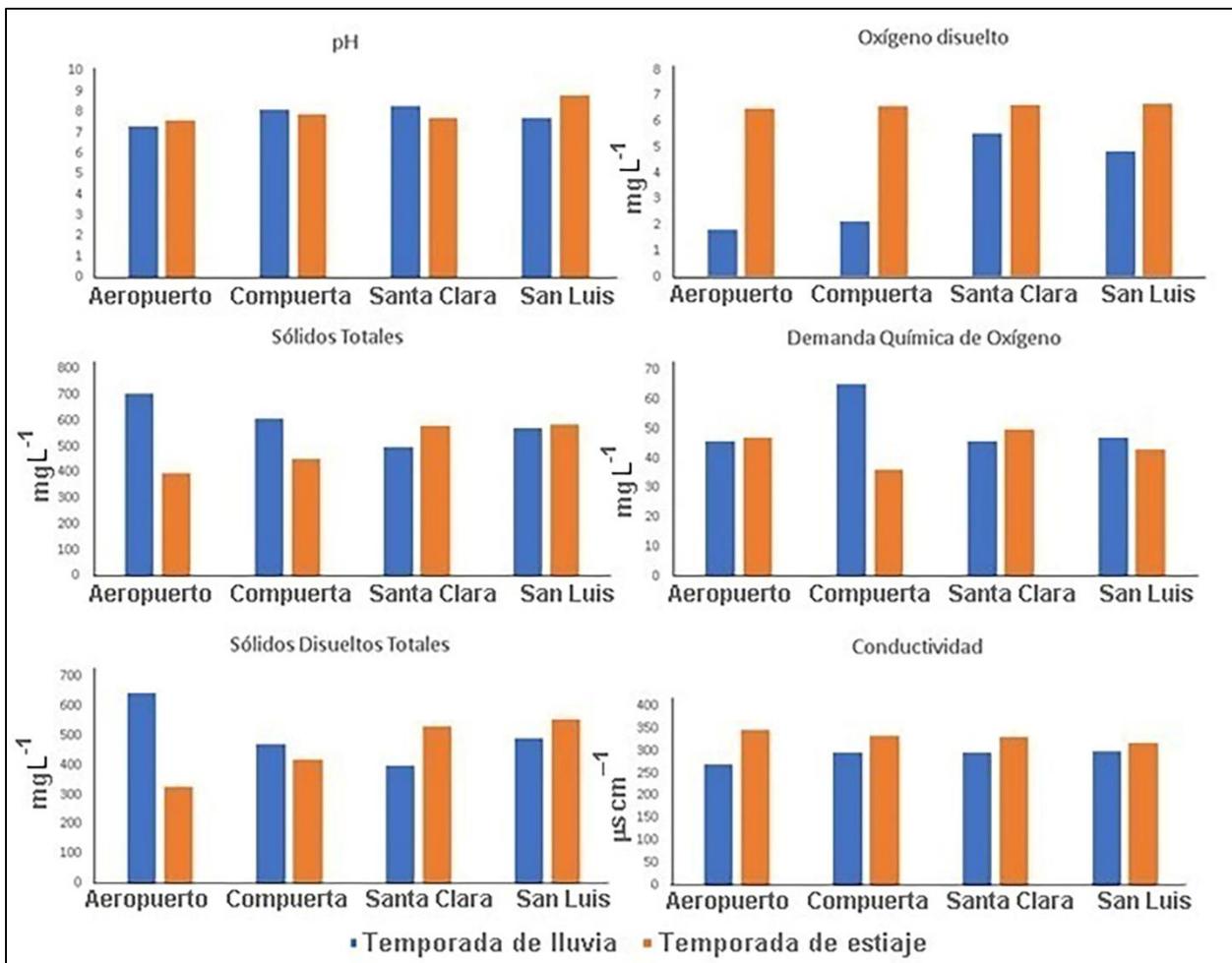


Figura 2. Comportamiento de las variables pH, Oxígeno disuelto, Sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Disueltos Totales y Conductividad, para cuatro estaciones de muestreo de la presa de Atlangatepec, Tlaxcala, en temporada de estiaje y de lluvia



En la estación Compuerta la demanda química de oxígeno (DQO), osciló entre los 36 y 65 mg L⁻¹ para la época de estiaje y de lluvia, respectivamente, y un valor promedio de 47.5 mg L⁻¹ para las cuatro estaciones, estos valores son menores comparados con los que reportó [Arana et al. \(2017\)](#) (97 a 109 mg L⁻¹).

Finalmente, la conductividad fluctuó en un rango de 271 a 346 $\mu\text{s cm}^{-1}$, con un valor promedio de 311 $\mu\text{s cm}^{-1}$ y en la estación Aeropuerto donde se presentaron los valores extremos, el menor en la época de lluvia y el mayor en la de estiaje (Figura 2). Sin embargo, son registros que se ubican por debajo a los que reporta [CONACYT-CONAGUA \(2017\)](#), en un rango de 675 a 4350 $\mu\text{s cm}^{-1}$ para el lago de Xochimilco, pero semejantes a los que obtiene [Soto-Galera et al., \(2008\)](#) (20-240 $\mu\text{s cm}^{-1}$) que se considera como una conductividad baja a moderada. De lo anterior se infiere que a pesar de los valores reportados de ingreso de contaminantes por el río Zahuapán y los sedimentos transportados cuenca arriba debido a la precipitación pluvial, la calidad del agua de la presa de Atlangatepec, se encuentra dentro de los rangos reportados para esta especie en otros cuerpos de agua del altiplano mexicano.

Análisis biométrico y modelos matemáticos de *C. jordani*

La longitud parcial del charal manifestó un valor promedio de 7.0 cm (N=1500), con observaciones en el rango de 5.1 a 8.8 \pm 0.44 cm; el peso fluctuó entre 1.58 y 5.53 g, con un valor promedio de 3.35 g (N=1500); finalmente la edad osciló entre los 3 y 6 años, con valor promedio de 4.5 años (N=750).

La ecuación que describe la relación entre el peso en g (W_t) y la longitud parcial en cm (l_t) del charal (Ec. 1), con un $r^2=0.96$ (Figura 3):

$$W_t = 0.011084 l_t^{2.9247} \quad \text{Ec. 5}$$

Existe una variabilidad en los valores de los parámetros de ajuste de la relación peso-longitud (a y b), a lo largo del año y entre sexos, para el charal (*C. jordani*) ([Latournerié-Cervera et al., 2021](#)), así también para diferentes cuerpos de agua ([Gómez, 2018](#); [Olvera-Blanco et al., 2009](#)), los parámetros del modelo estimados en este trabajo, están dentro de los rangos observados en otros cuerpos de agua, aunque describe un comportamiento diferente, como se puede observar en la figura 4, la proyección más allá del rango observado de los datos, genera valores obtenidos de otros cuerpos de agua que se ubican fuera de rango para la especie. Por esta razón la ecuación calculada de la relación peso-longitud para la presa de Atlangatepec, resulta útil para trabajos de pesquería de esta especie en este cuerpo de agua y si fuera necesario se puede analizar su variabilidad a lo largo del año y entre sexos.

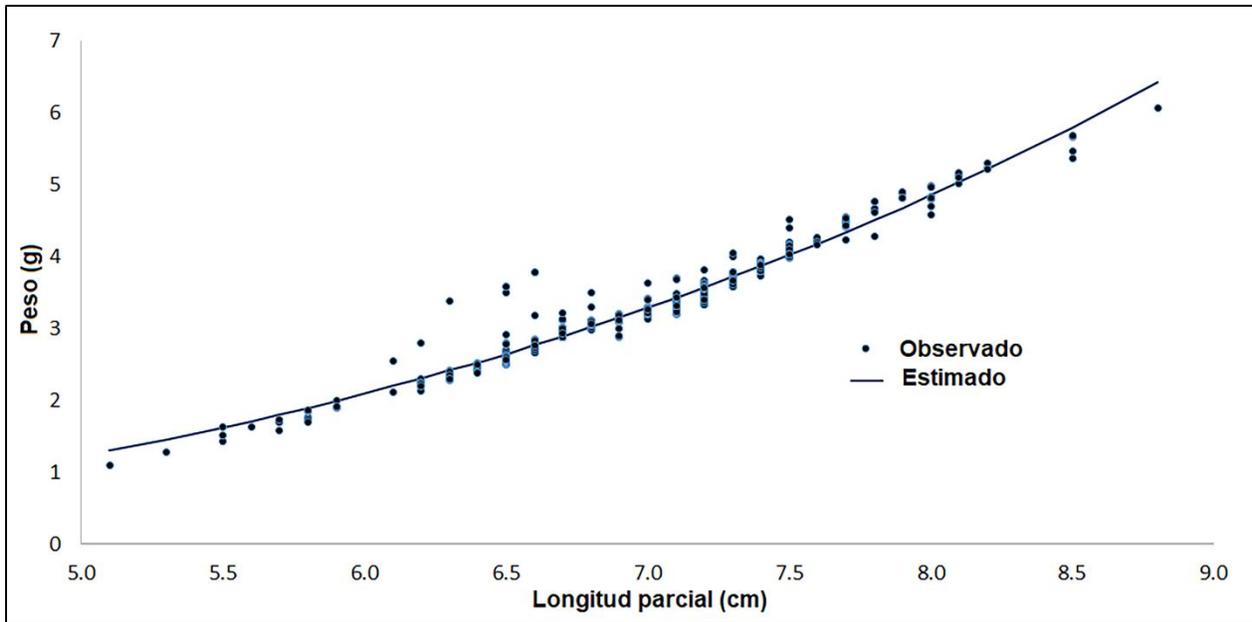


Figura 3. Relación peso-longitud de *Chirostoma jordani*, que habita el Sitio Ramsar 1986 Presa de Atlangatepec (N=1500)

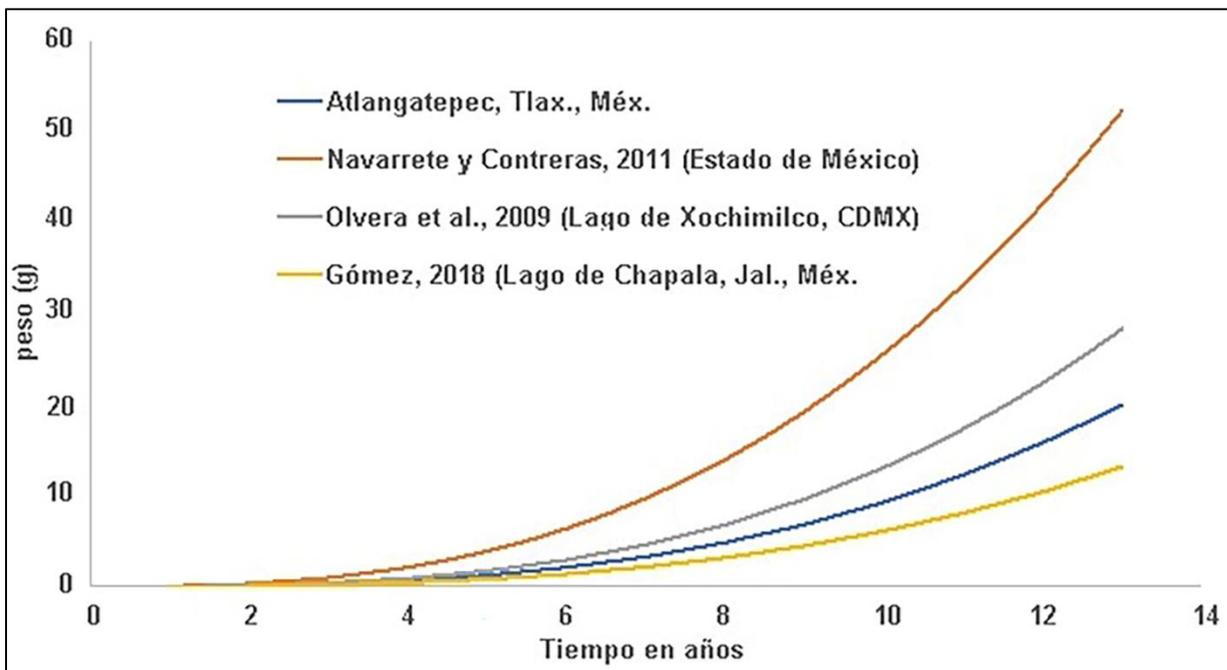


Figura 4. Proyección de cuatro modelos que describen la relación peso-longitud, para Atlangatepec, Tlaxcala, Estado de México, Lago de Xochimilco y el Lago de Chapala



El modelo que describe el crecimiento en longitud parcial del charal (l_t), está dado por la ecuación de Von Bertalanffy (Figura 5) (Ec. 2), con un $r^2=0.98$:

$$l_t = 11.3(1 - e^{(-0.19(t+0.59)}) \quad \text{Ec. 6}$$

De los parámetros del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy ajustado para el charal, en esta y otras investigaciones, se observa que la longitud máxima del charal (L_∞), muestra diferentes valores dependiendo de la región (Nico, 2023; Gómez, 2018; Navarrete-Salgado & Contreras-Rivero, 2011) y el valor registrado para la presa de Atlangatepec, que fue de 11.3 cm, que lo ubica en el mayor valor reportado para la especie. Así también las tasas de crecimiento (k), manifiestan una variabilidad que va de valores de -0.5861 para el estado de México (Navarrete-Salgado & Contreras-Rivero, 2011) a -1.36 para Chapala, Jalisco (Gómez, 2018), el valor calculado para la presa de Atlangatepec, está fuera de este rango con un valor de -0.19. Con relación al tiempo hipotético donde la longitud del charal es 0, igual presenta valores que van de -0.08 para Chapala, Jalisco (Gómez, 2018) a -0.418 para el Estado de México (Navarrete-Salgado & Contreras-Rivero, 2011), valores más cercanos a 0 que el calculado en este trabajo de -0.51. Esto permite suponer, que al igual que en el modelo de la relación peso-longitud, los parámetros estimados son característicos de cada región.

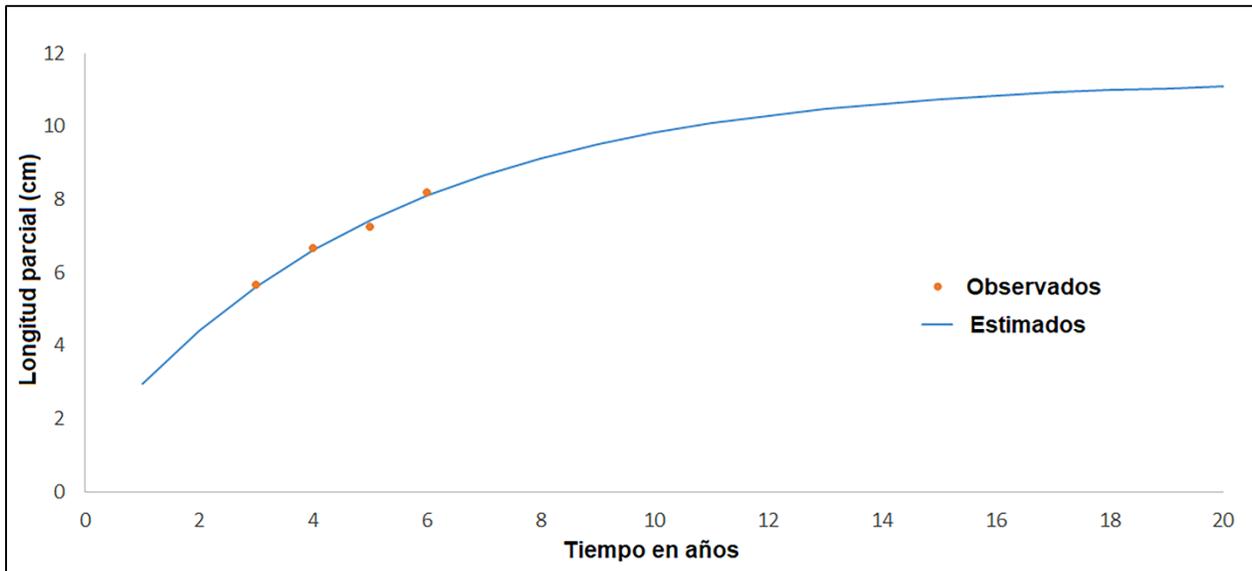


Figura 5. Crecimiento de *Chirostoma jordani*, observado y estimado con el modelo de Von Bertalanffy, para el sitio Ramsar 1986 Atlangatepec, Tlaxcala

La tasa instantánea de mortalidad anual del charal, estimada por el método de Chapman y Robson (Sierra *et al.*, 2020) (Ec. 3), fue de 0.20 y estimada con el método de Beverton y Holt fue de 0.43 (Ec. 4), ambas con una $N=1500$.



La tasa instantánea de mortalidad estimada por los dos métodos difieren considerablemente, la estimada por el método de Beverton y Holt (-0.43), duplica en valor a la estimada por el método de Chapman y Robson (-0.20), aun así estos valores están muy por debajo de las reportadas por [Gómez \(2018\)](#), de -1.33 para el charal, estimada por el método de Beverton y Holt para el lago de Chapala, esto debido a que en ese trabajo reportan una tasa instantánea de crecimiento del charal para el modelo de Von Bertalanffy de -1.36, que permite alcanzar al charal su crecimiento máximo casi a los 2 años de edad, valor muy inferior a la calculada en este trabajo que alcanza su máximo crecimiento a los 14 años (con una tasa instantánea de crecimiento de -0.19). Considerando también que las capturas se distribuyeron en un rango de edad de 3 a 6 años, y la edad con mayor mortalidad (1 y 2), no fueron representadas. Debido a estas observaciones se sugiere estimar con otros métodos la mortalidad del charal en la presa de Atlangatepec, que permita fundamentar un buen cálculo de sus razones óptimas de captura para lograr un aprovechamiento sustentable de esta especie, por ejemplo, con el método de ajuste de curvas de captura ([Sierra et al., 2020](#)).

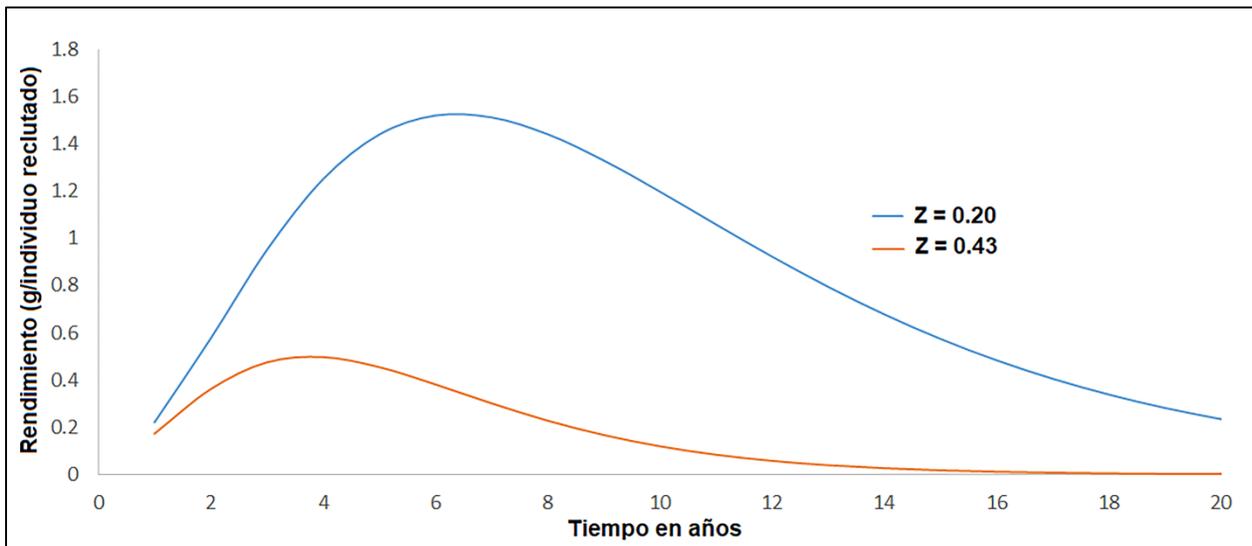


Figura 6. Rendimiento estimado de *Chirostoma jordani*, expresado como gramos de charal por individuo reclutado, para dos tasas instantáneas de mortalidad total, en el sitio Ramsar 1986 Atlangatepec, Tlaxcala

En los máximos rendimientos crudos del charal (Figura 6), se observa una diferencia entre las dos tasas instantáneas de mortalidad anual, para $Z=0.2$ (Chapman y Robson), el rendimiento es de 1.52 g por cada individuo con una edad óptima de captura de 6 años y para $Z=0.43$ (Beverton y Holt), el rendimiento es de 0.5 g por cada individuo con una edad óptima de captura de 4 años. Es decir, los máximos rendimientos crudos del charal para la presa Atlangatepec, estimado referidos a la tasa instantánea de mortalidad



calculada con el método de Beverton y Holt, sugieren una edad óptima para su captura de 4 años, es una estimación semejante al que se tiene en los muestreos de esta investigación (4.5 años). Sin embargo, se debe constatar la estimación de la tasa instantánea de mortalidad, para asegurar que los pescadores de Atlangatepec, están realizando un aprovechamiento óptimo del *Chirostoma jordani*.

CONCLUSIÓN

Las características fisicoquímicas de la presa de Atlangatepec están dentro del rango observado en otros cuerpos de agua donde habita *Chirostoma jordani*, lo que indica que la calidad del agua de la presa es aceptable para diferentes usos, tales como el desarrollo de la vida acuática. Sin embargo, las actividades agrícolas que se llevan a cabo en la periferia pueden influir en la calidad del agua.

La relación entre el peso (W) y la longitud parcial del charal (l), está descrita por la ecuación $W_t = 0.011084 l_t^{2.9241}$ y su crecimiento en longitud parcial por el modelo de Von Bertalanffy $l_t = 11.3 (1 - e^{(-0.19(t + 0.59)})$), donde los parámetros de estas ecuaciones son específicos de la especie para este cuerpo de agua y se encuentran dentro de los rangos reportados para otros estudios en cuerpos de agua del altiplano mexicano.

Las tasas instantáneas de mortalidad calculadas en esta investigación manifiestan valores muy por debajo de las reportadas en otros trabajos para esta especie, sin embargo, la estimada por el método de Beverton y Holt (0.43), supone que existe actualmente un adecuado aprovechamiento del charal en la presa, con una edad óptima de captura de 4 años. No obstante, se sugiere calcular la tasa instantánea de mortalidad por otro método, para constatar estos hallazgos.

LITERATURA CITADA

ARANA MF, Bojórquez CL, Esquivel HA, Latournerié CJ, Rosiles MR, Soto CR. 2017. Contaminación química y biológica en la zona lacustre de Xochimilco. Ciudad de México. Editorial Universidad Autónoma Metropolitana. Pp. 137. ISBN: 978-607-28-1084-6. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/contaminacion_quimica.pdf

BUSTAMANTE GJD, Cortés GA, Avalos RA, Figueroa LG, Arenas RE, Rodríguez GM. 2018. Semen evaluation in *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) and *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes, 1835), Mexican native species (Atheriniformes: Atherinopsidae). *International Journal of Aquatic Sciencia*. 9 (1): 38-43. ISSN: 2008-8019. https://www.journal-aquaticscience.com/article_70721.html



CORONA-HERRERA GA, Tello-Ballinas JA, Hattori RS, Martínez-Palacios CA, Strüssmann CA, Cárdenas-Reygadas RR, Martínez-Chávez CC. 2016. Gonadal differentiation and temperature effects on sex determination in the freshwater pike silverside *Chirostoma estor* Jordan 1880. *Environmental Biology of Fishes*. 99(1): 463-471. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s10641-016-0491-z>

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2023. *Sistema Meteorológico Nacional*. México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>

CONACYT-CONAGUA (Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología – Comisión Nacional del Agua). 2017. *Contaminación química y biológica en la zona Lacustre de Xochimilco*. Universidad Autónoma de México, Ciudad de México. Inventario Nacional de Humedales de México. Pp. 29.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102216/Xochimilco.pdf>

COPERNICUS (The Copernicus Data Space Ecosystem). 2024. *Datos satélites Copernicus de la EU*. <https://dataspace.copernicus.eu/about>

GRANADOS SRR. 2021. Evaluación de la contaminación en la Presa Atlangatepec, Tlaxcala y su posible efecto en la condición biológica de *Chirostoma* sp. Tesis de Maestría en Ciencias en Energía y Medio Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana. México. Pp. 150. <https://bindani.izt.uam.mx/concern/tesiuams/zg64tm16v>

GÓMEZ VHD. 2018. *Estructura poblacional y actividad reproductiva del charal (Atherinopsidae: Chirostoma) en el Lago de Chapala, México*. Centro Universitario de Cs. Biológicas y Agropecuarias: Editorial Biblioteca Básica de Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales. Pp. 12. ISBN: 2020-07-23T06:04:43Z.

<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6041>

LARA RC, Serrano MA, Vázquez PJ. 2015. *Contribución al conocimiento de la Biodiversidad en Tlaxcala*. Pp. 143. MMXV-UATX, México. ISBN: 978-607-8432-26-4.

https://www.researchgate.net/publication/278964088_Contribucion_al_conocimiento_de_la_Biodiversidad_en_Tlaxcala/citations#fullTextFileContent

LATOURNERIÉ-CERVERA JR, Rangel-Nambo MI, Estrada-Ortega AR. 2021. Ecophysiology of *Chirostoma jordani* Pisces: Antherinopsidae. Habitat Characterization and Population Dynamics in a Periurban Lake (Xochimilco, México). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 16: 1-7. ISSN: 1557.

<https://doi.org/10.3844/ajabssp.2021.1.7>



MAR SV. 2015. Ecología trófica de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) en el lago de Cuitzeo. Repositorio Institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. México. Pp. 36. ISBN: 2020-07-17T15:11:10Z.

http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1730

MILLER RR, Minckley WL, Norris SM. 2005. Freshwater fishes of Mexico. The University of Chicago Press. Pp. 490. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:43720/Description>

MORRISON SA. 2016. Designing virtuous socio-ecological cycles for biodiversity conservation. *Biological Conservation*. 195: 9-16.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.022>

NAVARRETE-SALGADO NA, Contreras-Rivero G. 2011. Crecimiento y mortalidad del charal (*Menidia jordani*) en el estanque Guillermo Lagunes (GL), Estado de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. 17(3): 407-410. ISSN: 2007-3828.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182011000300010&script=sci_arttext

NICO L. 2023. *Chirostoma jordani* Woolman, 1894: Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database. *Gainesville*. 9:20.

<https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=317>

ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). 2023. Objetivo 16: Agua y Saneamiento. México. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

OLVERA-BLANCO YM, Gómez-Marquez JL, Peña-Mendoza B, Gaspar-Dillanes MT, Pérez C. 2009. Reproductive biology of *Menidia jordani* (Atheriniformes: Atherinopsidae) in Xochimilco Lake, Mexico. *Ciencia Pesquera*. 65-75.

<https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP17-2/Biolog%C2%A1a%20reproductiva%20de%20Menidia%20jordani%20Atheriniformes%20Atherinopsidae.pdf>

PACA JM, Santos FM, Pires JC, Leitao AA, Boaventura RA. 2019. Quality assessment of water intended for human consumption from Kwanza, Dande and Bengo rivers (Angola).

Environmental Pollution. 254: 113037. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113037>



POPE JG, Gislason H, Rice JC, Daan N. 2021. Scrabbling around for understanding of natural mortality. *Fisheries Research*. 240: 105952. ISSN: 0165-7836.

<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105952>

ROJAS CPM. 2013. *Avances en el cultivo del pescado blanco*. Instituto Nacional de Pesca, México. Pp. 7-23. ISBN: 978-607-827-4-07.9.

https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/LIBROS/librosdivulgacion/Pescado_blanco.pdf

SÁNCHEZ-SANTILLÁN N, Guzmán RS, Sánchez-Trejo R, Ritter OW, Lázaro-Chávez Mancilla E. 2004. La influencia de la oscilación de la temperatura del aire sobre el ecosistema de la Presa de Atlangatepec, Tlaxcala, México. *Hidrobiológica*. 14(1): 75-84. ISSN 0188-8897.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972004000100010&script=sci_arttext

SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 2015. Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba. NMX-AA-034-SCFI-2015, México: Diario Oficial de la Federación. Pp. 7.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>

SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 2012. Análisis de agua - Medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- Método de prueba - parte 1 - Método de reflujó abierto. NMX-AA-030/1-SCFI-2012, México: Diario Oficial de la Federación. Pp. 14.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166774/NMX-AA-030-1-SCFI-2012.pdf>

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. *Programa de acción para la conservación de las especies *Ambystoma* spp.* México. Pp. 53-57.

<https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-accion-para-la-conservacion-de-especies-pace-123484>

SIERRA CL, Pawluk M, Fujiwara M. 2020. Estimating mortality for the assesment of a small-scale fishery: Lane snapper (*Lutjanus synagris*) in Honduras. *Fisheries Research*. 231: 105709. ISSN: 0165-7836. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105709>

STRÜSSMANN CA, Conover DO, Somoza GM, Miranda LA. 2010. Implications of climate change for the reproductive capacity and survival of New World silversides (family Atherinopsidae). *Journal of Fish Biology*. 77(8): 1818-1834.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02780.x>



SOTO-GALERA E, Paulo-Maya J, Lyons J. 2008. Threatened fishes of the world: *Chirostoma riojai* (Solorzano and López, 1965) (Atherinopsidae). *Environmental biology of fishes*. 83: 343-344. <https://doi.org/10.1007/s10641-008-9346-6>

SORIA-BARRETO M, Paulo-Maya J. 2005. Morfometría comparada del aparato mandibular en especies de *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Hidrobiológica* 15. Pp.161-168.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-8972005000200005&script=sci_arttext

URBINA-SÁNCHEZ I, Paniagua-Chávez CG, Fierro R, Figueroa-Lucero G, Barriga-Sosa IDLA. 2016. Variación cariotípica intraespecífica en el pejerrey *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). *Hidrobiológica*. 26 (1): 93-101. ISSN: 0188-8897.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972016000100012&script=sci_arttext&lng=en

VÁZQUEZ-BURGOS JL, Carbajal-Hernández JJ, Sánchez-Fernández LP, Moreno-Armendariz MA, Tello-Ballinas JA, Hernández-Bautista I. 2019. An Analytical Hierarchy Process to manage water quality in white fish (*Chirostoma estor estor*) intensive culture. *Computers and electronics in agriculture*. 167: 105071.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105071>

VIGUERAS-VELÁZQUEZ ME, Carbajal-Hernández JJ, Sánchez-Fernández LP, Vázquez-Burgos JL, Tello-Ballinas JA. 2020. Weighted fuzzy inference system for water quality management of *Chirostoma estor estor* culture. *Aquaculture Reports*. 18: 100487.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100487>

WINDFIELD PJC, Fernández JA. 2019. Nuevo registro del águila cabeza blanca, *Haliaeetus leucocephalus* (Accipitriformes: Accipitridae) en la presa de Atlangatepec, Tlaxcala, México. *Huitzil*. 20(2): 534. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.2.398>

YUAN Q, Song G, Fullana-i-Palmer P, Wang Y, Semakula HM, Mergia MM, Zhang S. 2017. Water footprint of feed required by farmed fish in China based on a Monte Carlo-supported von Bertalanffy growth model: A policy implication. *Journal of Cleaner Production*. 153: 41-50. ISSN: 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.134>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>