

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL  
POR INVESTIGACIÓN

PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

**Estudio histopatológico del  
hígado de *Chirostoma jordani*  
y su papel como herramienta  
de monitoreo ambiental  
en la presa de Atlangatepec, Tlaxcala**

QUE PRESENTA EL ALUMNO

**José Luis González Reyes**

Matrícula: 2173028550

ASESORES:

Dra. Martha Rodríguez Gutiérrez  
El Hombre y su Ambiente  
No. Económico: 3059

Dr. Rubén Alonso Contreras Tapia  
El Hombre y su Ambiente  
No. Económico: 44363

# Índice

Resumen .....	3
Palabras clave .....	4
Introducción .....	4
Objetivo General .....	6
Objetivos específicos .....	6
Materiales y métodos .....	6
Actividades realizadas .....	8
Metas Alcanzadas .....	8
Resultados y discusión .....	9
Conclusiones .....	15
Recomendaciones .....	16
Referencias bibliográficas .....	16

## Resumen

El análisis histológico del hígado de los peces es una herramienta útil para evaluar el estado de un ecosistema este se considera un órgano diana, ya que en él se metabolizan las sustancias propias del organismo y las del medio, por lo tanto, las lesiones hepáticas pueden ser un indicador de contaminación.

La presa de Atlangatepec es un importante ecosistema en el estado de Tlaxcala, sin embargo, está expuesta a la contaminación proveniente de actividades antropogénicas, como la industria, la agricultura y la minería. El charal, *Chirostoma jordani*, es una especie de pez que habita en la presa de Atlangatepec y que es de importancia cultural, comercial y alimenticia para los pobladores de la zona, se considera como un indicador biótico de la calidad del agua, ya que es sensible a la contaminación.

El objetivo general del estudio es determinar si se presenta daño hepático en los charales de la presa de Atlangatepec, para alcanzar estos objetivos, se realizaron muestreos mensuales que comprendieron los meses de diciembre de 2022 a mayo de 2023, donde se analizaron muestras de hígado de 40 machos y hembras de *C.jordani* provenientes de la actividad pesquera de la presa de Atlangatepec. Las muestras se sometieron a un análisis histológico para identificar la presencia de lesiones hepáticas, de igual forma se realizaron análisis estadísticos para determinar diferencias entre los meses muestreados.

Se concluye que los hígados de *C. jordani* de la presa de Atlangatepec presentan daños significativos a nivel celular, es probable que estos daños tengan implicaciones en el metabolismo y desarrollo de los peces. La presa está expuesta a diferentes fuentes de contaminantes, como los desechos de las industrias, la agricultura y la minería. Por lo tanto, el daño en el hígado puede no deberse a un único factor, sino a la suma de todas las actividades antropogénicas.

En base a estos resultados, se recomienda realizar monitoreos de calidad de agua y metales pesados en la presa. Esta información sería útil para evaluar la magnitud del problema y tomar medidas para proteger el ecosistema.

## Palabras clave

Histología, *Chirostoma jordani*, Bioindicadores, Órganos diana, Atlangatepec Tlaxcala.

## Introducción

El análisis de órganos a través de técnicas histológicas permite conocer a nivel celular los daños provocados por las condiciones que son propias del organismo, o a las que se ve sujeto por el ambiente en el que habita, estos estudios deben centrarse en aquellos órganos que se consideran “diana”, ya que son los que, debido a sus funciones, presentan cambios notables en su estructura (Gutiérrez, 2020).

El hígado, debido a las funciones metabólicas, es considerado un excelente indicador del estado del organismo, ya que en él se metabolizan todas las sustancias propias del organismo y las del medio, que podrían encontrarse en la sangre de los peces (Chóez, 2021).

La histopatología de peces ha demostrado ser un bioindicador para la detección de contaminantes, ya que a partir de su análisis es posible confirmar la presencia de metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas; que causan lesiones inflamatorias, tóxico/hepáticas, preneoplásicas y neoplásicas, por lo que, su estudio forma parte de las herramientas para determinar el estado de un ecosistema y las medidas que se tomarán para su manejo (Gutiérrez, 2020).

La presa de Atlangatepec se ubica a 28 Km de la ciudad de Tlaxcala y a 10 Km de Tlaxco, con un área de 1,200 ha y una profundidad media de 6 m, representa la parte más importante del distrito de riego “Atoyac-Zahuapan”; distribuye y almacena agua para el riego de los cultivos circundantes, sin embargo, no solo cumple con esta función, ya que su papel como humedal la ha llevado a ser considerada como un sitio “Ramsar”, debido a la amplia biodiversidad, con 200 especies vegetales, 125 de aves y ocho de peces, además de una de ajolote (Ramsar, 2011).

Diversos afluentes desembocan en la presa, entre ellos destaca el Río Zahuapan, además de pequeños arroyos provenientes de las comunidades circundantes, en éstas, se realizan actividades de cultivo de vegetales, sumado a otras actividades relacionadas con la presa, como lo son, el turismo, la cacería y principalmente la pesca recreativa, de autoconsumo y comercial; estas actividades se ven amenazadas por el aumento de la contaminación, producto de las actividades antropogénicas, tanto de las comunidades circundantes como a los afluentes que la alimentan (Ramsar, 2011).

De acuerdo con la Secretaría de Economía, Tlaxcala cuenta con once parques industriales, de los cuales, tres se encuentran dentro de un radio de veinte kilómetros circundantes a la presa, los giros de las industrias abarcan actividades pertenecientes a la producción de textiles, autopartes, agroindustria y con proyecciones a la manufactura de plásticos y químicos (Corona, 2016).

De igual forma, la Secretaría de Economía en conjunción con el Servicio Geológico Mexicano, establecen cinco zonas de extracción minera de Tlaxcala, la principal ubicada en Tlaxco, esta zona minera comprende tres regiones hidrológicas, en donde se encuentra la presa de Atlangatepec, junto con la mayoría de los ríos que desembocan en ella, poniendo a los organismos que habitan en el área en contacto directo con los contaminantes resultantes de dichas actividades (Harp, 2019).

Entre los recursos pesqueros de la presa destaca la especie *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, comúnmente conocida como “charal”, es consumida en el Valle de México desde tiempos prehispánicos, es de buen sabor y fácil de encontrar, su pesca representa una fuente de ingreso importante para los pescadores que la comercializan (Navarrete, 2017).

Su longitud total ronda los ocho cm, con pesos que van de los 6 a los 15 g en etapa adulta, su alimentación es descrita como zooplantófaga, no selectiva y oportunista, perteneciente al orden de los Atherinopsidae, suele encontrarse en aguas lénticas, en México se ha introducido en diversos sistemas acuáticos, lo que podría señalar una capacidad adaptativa a los distintos entornos, además de

reforzar su papel como fuente de alimento tanto para comunidades rurales como para turistas que visitan lugares como la presa de Atlangatepec (Navarrete, 2017). Debido a las características de *C. jordani*, es posible considerarlo como un buen indicador biótico de los cambios en el ecosistema, los efectos de los contaminantes presentes en el hábitat sobre la morfofisiología pueden detonar patologías visibles a nivel órgano y tejidos. Los daños ocasionados a estos niveles son indicadores de condiciones adversas presentes durante periodos de tiempo prolongados, incluso de años (Gómez *et al.*, 2021).

## **Objetivo General**

Determinar si hay daño hepático en *Chirostoma jordani* de la presa de Atlangatepec.

## **Objetivos específicos**

Establecer la relación del daño hepático y el factor de condición simple, en los charales.

## **Materiales y métodos**

Se obtuvieron los organismos a través de la pesca comercial, para garantizar la integridad de la muestra, la recolección de datos se realizó el mismo día de la colecta, se separaron por sexo, cuarenta hembras y cuarenta machos, se utilizó regla y balanza analítica para la toma de datos merísticos: longitud total, longitud patrón y peso para el cálculo del factor de condición (K), de acuerdo con la fórmula propuesta por Leyton (2015):

$$K = \left( \frac{\textit{peso}}{\textit{longitud}^3} \right) * 100$$

Se realizaron disecciones para la observación y toma de peso del hígado, del que se registró el color, definido con la siguiente escala: Normal, ligeramente claro, rosa, rosa claro y blanco, a estas descripciones se les otorgó un valor numérico que refleja el nivel de pérdida de color en el órgano (tabla1).

Color del hígado	Valor otorgado
Normal	0
Ligeramente claro	1
Rosa	2
Rosa claro	3
Blanco	4

Tabla 1. Valores otorgados a las diferentes categorías de color en hígados, los valores representan el nivel de decoloración del órgano.

Del hígado también se registró el peso para el cálculo del índice hepatosomático con la siguiente fórmula de acuerdo con Moreno *et al.*, (2019):

$$IHS = \left( \frac{\text{Peso hígado}}{\text{Peso corporal}} \right) 100$$

Para los cortes histológicos se tomaron dos hígados de las categorías “Normal”, “Rosa” y “Blanco”, cada órgano se fijó con formol bufferado al 10% final, para ser procesados histológicamente y teñidos con hematoxilina eosina (Verdin, *et al.*, 2013), realizando los siguientes pasos:

- Fijación
- Deshidratación
- Inclusión en parafina
- Corte histológico
- Tinción con hematoxilina-eosina
- Montaje.

De los cortes realizados se hicieron observaciones con microscopio óptico a 40x, conducentes a determinar el estado de las células hepáticas, para así establecer la relación entre la cantidad de hepatocitos con el grado de daño hepático y las posibles causas.

Para el análisis de resultados se utilizó estadística descriptiva, se realizaron correlaciones simples entre las variables peso – longitud total. Se calculó el factor de condición (K) y el índice hepatosomático y se correlacionaron con el nivel de daño para determinar si el color del hígado afecta directamente al pez (Monroy, 2008).

## **Actividades realizadas**

Se realizaron visitas mensuales al municipio de Atlangatepec, de diciembre del 2022 a mayo de 2023, se tuvo contacto directo con la comunidad pesquera y se realizó la compra de los organismos que fueron trasladados al laboratorio del Centro Acuícola de Atlangatepec, donde se tomaron medidas y muestras.

Además de la colecta de organismos y toma de medidas, se realizaron entrevistas entre los pobladores de la zona, para así obtener un contexto socioeconómico de las actividades que se realizan y afectan a la presa.

Las muestras de hígado fijadas se trasladaron a la UAM-X para la realización de los cortes y su observación al microscopio, los datos obtenidos fueron discutidos con la bibliografía y con otros investigadores del área.

## **Metas Alcanzadas**

Como estudiante, se logró obtener conocimientos relacionados a la bioacumulación, biomagnificación e histopatología de peces, además se establecieron relaciones con la comunidad pesquera de Atlangatepec, así como con una pequeña parte de la comunidad que se dedica a otras actividades, se identificaron áreas de estudio y desarrollo de nuevas investigaciones que a mediano y largo plazo podría llevarse a cabo para el beneficio de la comunidad.

Se superó la expectativa de conocimientos y habilidades adquiridas en campo, las actividades llevadas a cabo no se limitaron únicamente a la toma de muestras, al



contrario, se logró ampliar el campo de trabajo, sobre todo lo relacionado con la comunidad.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a lo largo de seis meses de muestreo, de las variables de estudio se muestran en la Tabla 2, los pesos de los organismos se mantuvieron en rangos entre los 2.95 y los 8.78 g, aunque los promedios se encontraron en un rango cercano a los cuatro, con una DS de .49 a 1.21, las hembras presentaron un peso promedio mayor, aunque en meses como febrero y abril, los pesos máximos se presentaron en machos.

Los valores promedio de las longitudes abarcaron un rango de 7.71 a 10.81 cm, siendo abril el mes en que se presentó el valor más bajo con 5.80 cm,

		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo	
		H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Peso (g)	Promedio	5.05	4.25	5.10	4.67	4.58	4.31	4.45	4.13	4.42	4.09
	DS	1.00	0.90	1.13	1.21	1.01	0.93	0.77	0.81	0.75	0.49
	Minimo	3.74	3.04	3.30	3.04	3.16	2.95	3.32	3.03	3.55	3.23
	Maximo	8.06	7.16	7.59	8.12	8.78	7.14	6.51	6.97	6.66	5.68
Longitud Total	Promedio	9.30	8.79	9.30	8.96	9.09	10.81	9.06	8.64	7.71	8.64
	DS	0.52	0.51	0.64	0.74	0.62	0.57	0.49	0.66	0.46	0.39
	Minimo	8.70	7.60	7.50	7.70	7.90	7.60	8.20	5.80	7.20	7.90
	Maximo	10.50	10.30	10.50	10.40	11.30	8.80	10.30	10.20	9.00	9.60
Peso Hígado (g)	Promedio	0.10	0.04	0.10	0.05	0.08	0.05	0.09	0.05	0.07	0.05
	DS	0.00	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
	Minimo	0.00	0.01	0.05	0.01	0.04	0.02	0.00	0.01	0.04	0.01
	Maximo	0.20	0.10	0.22	0.10	0.18	0.09	0.18	0.08	0.13	0.09
IHS	Promedio	1.79	0.89	2.00	1.00	1.82	1.11	1.92	1.16	1.64	1.11
	DS	0.62	0.31	0.49	0.30	0.49	0.36	0.06	0.04	0.35	0.38
	Minimo	0.90	0.30	1.32	0.30	0.96	0.47	0.00	0.26	0.95	0.27
	Maximo	4.19	1.94	3.30	2.10	3.31	2.42	3.40	2.04	2.49	2.00
Factor de Condición (K)	Promedio	0.60	0.62	0.63	0.63	0.60	0.62	0.59	0.65	0.96	0.64
	DS	0.10	0.07	0.11	0.04	0.06	0.03	0.04	0.21	0.05	0.10
	Minimo	0.50	0.55	0.42	0.55	0.34	0.56	0.52	0.38	0.82	0.36
	Maximo	0.80	0.98	1.20	0.73	0.75	0.72	0.71	1.90	1.08	0.96
Valor del cambio de color	Promedio	1.40	1.43	1.33	0.98	2.60	2.90	2.73	3.28	2.20	1.83
	SD	0.87	1.08	1.27	1.23	0.81	1.13	1.04	0.85	1.22	1.30
	Minimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Maximo	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Tabla 2. Resumen de resultados *Chirostoma jordani*, por mes y sexo de las variables analizadas.

generalmente las hembras presentan medidas promedio superiores, a excepción de los meses de marzo y mayo.

Los pesos de los hígados se presentaron en valores bajos, algunos no registrables por la báscula utilizada, los valores máximos se encontraron alrededor de .20 gramos, se mantiene la tendencia de valores superiores para hembras; Rojas (2013), menciona que el hígado está involucrado en procesos de producción de gametos.

En cuanto al IHS, los promedios se mantuvieron por debajo de dos con DS de .04 a .62, aunque se presentaron valores máximos cercanos a cuatro, el IHS representa la cantidad de reservas energéticas (lípidos) presentes en el hígado, que contribuye en las hembras a la vitelogénesis.

Leyton *et al.*, (2015), mencionan que el factor de condición “K” señala los cambios en el medio, disponibilidad de alimento, temperatura, disponibilidad de oxígeno, entre otras, los valores de factor de condición varían de una especie a otra.

Los promedios en el factor de condición presentan valores cercanos a 0.6, con máximos de 0.9, valores inferiores a los obtenidos por Sanchez-Merino *et al.*, (2006), quien reportó valores cercanos a 1.13 lo que indicaría que existen factores en el medio que afectan directamente a las poblaciones de charal.

Leone *et al.*, (2018), mencionan que, las condiciones ambientales de estrés, como cambio de temperaturas, falta de oxígeno, presencia de contaminantes entre otras, tienen impactos directos sobre las especies, su estudio se realizó en dos cuerpos de agua de Argentina, el Cabra Corral y el Campo Alegre, ambos con características similares a las que se encuentran en Atlangatepec. Por ejemplo, ambos embalses sufren de contaminación constante, proveniente de los ríos que desembocan en estos cuerpos de agua, donde resaltan los metales pesados como el cadmio y el mercurio, esto se ve reflejado principalmente en los hígados de *Odonthestes bonariensis*, pez de la misma familia que *C. jordani*, los cambios en la coloración de los hígados de *O bonariensis* concuerdan con los cambios observados en *C. jordani*, esto podría ser atribuido a la similitud de características entre los cuerpos de agua.

Hembras			
VARIABLES	k	IHS	VAC
K	1.000	-0.120	0.108
IHS	-0.120	1.000	-0.004
VAC	0.108	-0.004	1.000
Machos			
VARIABLES	k	IHS	VAC
K	1.000	0.085	-0.020
IHS	0.085	1.000	0.219
VAC	-0.020	0.219	1.000

*Tabla 3.* Correlaciones entre las diferentes variables. K: Factor de condición. IHS: índice hepatosomático. VAC: Valor adaptado del color del hígado.

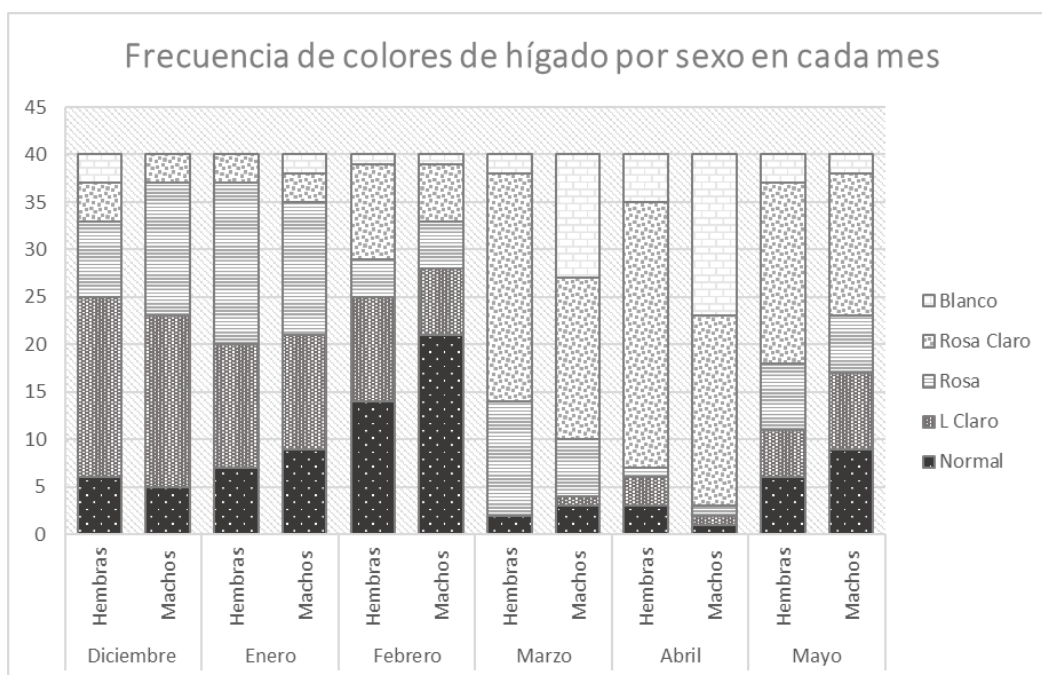
Los valores numéricos de la métrica adaptada de la variable de los colores de hígados reflejan como la mayoría de los organismos presentan un nivel de daño.

Se realizaron correlaciones entre las tres variables antes mencionadas, sin embargo, los valores obtenidos no demuestran que exista una relación entre ninguna de las variables, incluso cuando en investigaciones como la de Leyton *et al.*, (2015), se menciona que existe una relación directa entre el factor K y el IHS.

Al observar la frecuencia en la que los cambios de coloración se presentan en los hígados de *C. jordani*, es notorio observar que la proporción de órganos con una coloración normal, entre roja y marrón, es mucho menor que aquellos ejemplares que presentan un hígado con algún nivel de decoloración.

De acuerdo con Sierra *et al.*, (2011), los hígados que presentan colores rosáceos, amarillentos y blanquecinos, son órganos con degeneración a nivel celular, por la presencia de un exceso en el nivel de grasa, este exceso puede ser atribuido a diferentes detonantes, tales como: cambio en la dieta, exposición a contaminantes, entre otros.

Investigaciones realizadas en organismos de cultivo como la tilapia, se centran en estudiar la proporción de hígados con exceso de grasas y la relación que tienen con la dieta y el cambio de esta. Amarilla *et al.*, (2022) establecen que el aumento en la cantidad de grasa presente en los tejidos del hígado es normal, siempre y cuando no se observen daños a nivel celular, como lo pueden ser una alta cantidad lipídica en vacuolas que altere la estructura y cantidad de núcleos, estos daños solo pueden ser observados a través de técnicas de histopatología.



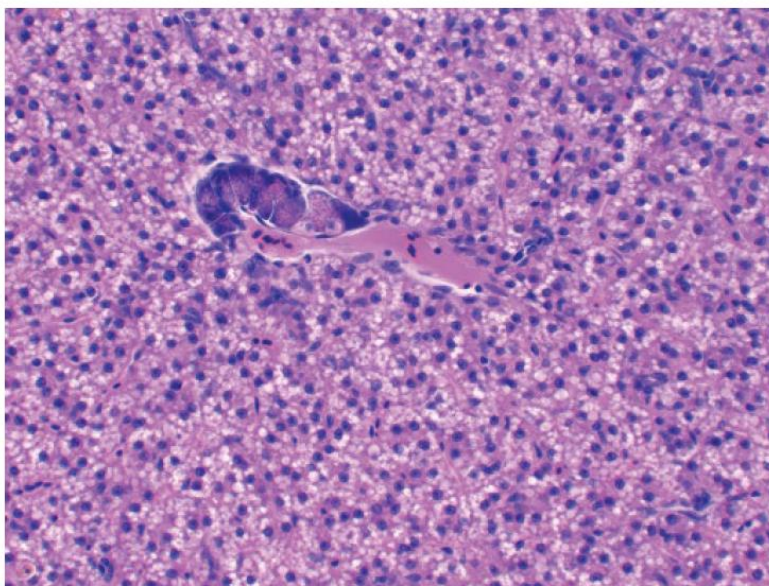
Grafica 1. Proporciones de colores en hígados los muestreos mensuales.

Algunos investigadores mencionan que los daños en hígado a nivel celular también pueden atribuirse a contaminantes, por ejemplo, a insecticidas. Bacchetta (2011), reporta que existen aumentos en cuanto a los valores del IHS, en peces que han sido expuestos a diferentes concentraciones de Endosulfán, un pesticida de uso restringido en México.

Otro tipo de contaminante registrado como dañino para órganos diana, son los plásticos, Werner *et al.*, (2018), mencionan que los plásticos pueden ocasionar daños en órganos diana, a través de la ingesta directa por los organismos, en peces esto suele suceder con mayor frecuencia, el movimiento que el pez realiza suele favorecer la asimilación de micro plásticos en el sistema, los daños

registrables a simple vista, no son mencionados, por lo que no se tiene certeza del tipo de daño que realizan los micro plásticos sobre las células del hígado.

Existen investigaciones que se centran en el estudio de los efectos de metales pesados sobre órganos diana como el hígado, Argota *et al.*, (2012), reportan los daños al tejido que se presentan en un organismo que ha sido expuesto a metales como cobre, zinc, cadmio y plomo, sin embargo, su investigación concluye que los niveles de estos metales encontrados en su área de estudio, el río Filé, no se



*Fig. 1. Corte histológico de un hígado normal, "grado 0" de Fundulus diaphanus . Imagen recuperada de Hadfield (2021).*

presentaron en concentraciones significativas para el daño en órganos.

Las características presentes en los hígados estudiados en histopatología señalan estar relacionados con patologías propias de un exceso de lípidos y congestiones hepáticas, como consecuencia se tienen células que al teñirse se encuentran poco definidas, inflamadas y con separaciones importantes entre ellas.

Para la valoración de las imágenes microscópicas obtenidas se recurrió a la escala propuesta por Amarilla *et al.*, (2022), de acuerdo con las características presentes en los hígados, el daño se puede valorar como:

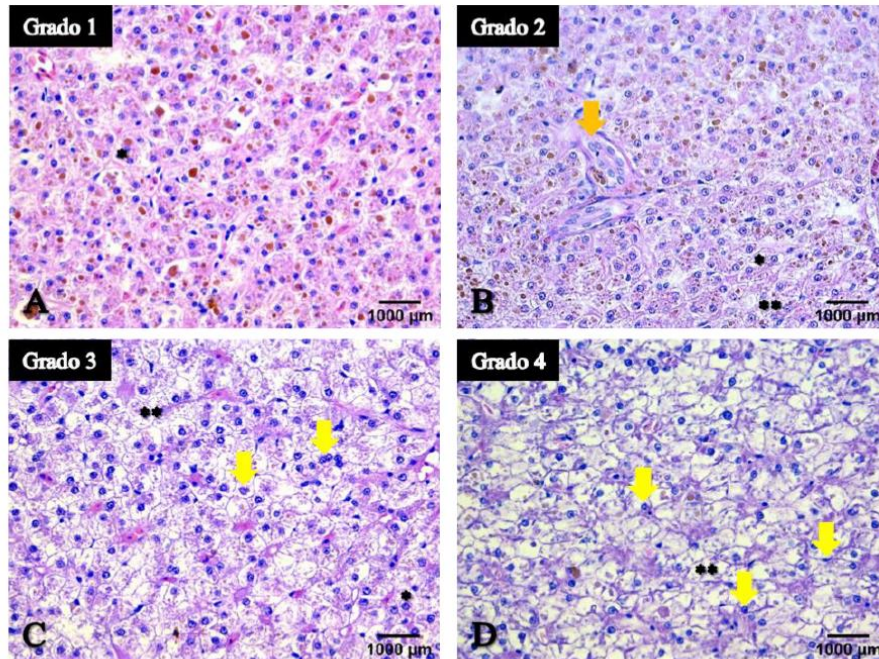


Fig. 2. Referencia de los cuatro niveles de daño. Imagen recuperada de Amarilla *et al.*, (2021).

*Grado 0:* hay una estructura microscópica normal de los acinos y el lóbulo hepático. Pocas gotas de grasa pequeñas pueden estar presentes o no en el citoplasma de los hepatocitos (microvesiculares) con un borde bien definido. La distribución microvesicular cuando se evidencia, es menor al 24%.

*Grado I:* se mantiene la estructura microscópica normal del hígado. El citoplasma de los hepatocitos muestra microvesicular multifocal con un borde bien definido. La distribución microvesicular es del 25% en toda la sección del corte evaluado.

*Grado II:* se muestra la desorganización de los hepatocitos. En el citoplasma del hepatocito está presente grasa multifocal en gotitas grandes y pequeñas, hinchamiento de hepatocitos, con un borde bien demarcados. La distribución de la grasa vesicular es del 26% al 50%.

*Grado III:* Hay hepatocitos distorsionados. En el citoplasma hay presencia de globos microvesiculares y/o hepatocitos difusos. La gota grande

desplaza el núcleo hacia la periferia celular. La distribución de las gotas de grasa pequeñas y grandes es del 51% al 75%.

*Grado IV:* el hígado perdió la estructura microscópica normal. La hinchazón difusa de los hepatocitos se presenta con el núcleo comprimido a través de la periferia de las células. La distribución de las gotas de grasa más grandes es del 76% al 100% en toda la sección del corte evaluado.

En la investigación de Amarilla *et al.*, (2022) se reportan cuatro grados de daño, sin embargo, en comparación con las imágenes obtenidas, los niveles de daño parecen estar en grado cuatro, incluso aquellos hígados que en la observación macroscópica fueron clasificados como “normales”.

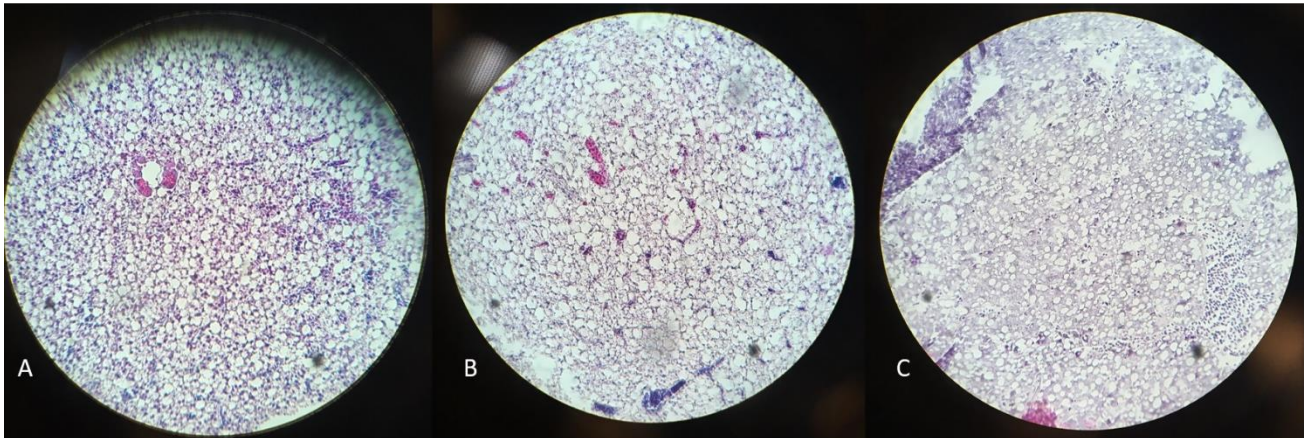


Fig. 3. Cortes histológicos de hígado obtenidos de *C. jordani* 40x. A) Hígado normal. B) Hígado rosa. C) Hígado blanco.

En todas las imágenes obtenidas por cortes histológicos, es posible observar daño en las estructuras de las células hepáticas, con grandes zonas “en blanco” que dan indicios de lipidosis, producto probablemente de alteración ambiental, ya sea por contaminantes plásticos, metálicos, orgánicos o químicos.

## Conclusiones

Los hígados de *C. jordani* presentan daños significativos a nivel celular, las implicaciones que estos daños tienen en su ciclo de vida aun no son del todo estudiados, sin embargo, los daños son tan grandes que es probable que existen implicaciones en su metabolismo y desarrollo.

De acuerdo con la literatura las causas de los daños en el hígado son completamente ambientales, en la presa existen diferentes fuentes de contaminantes, por lo que el daño en el hígado puede no deberse a un único factor, al contrario, debe considerarse como una posible consecuencia de la suma de todas las actividades antropogénicas.

## Recomendaciones

Se recomienda hacer monitoreos de calidad de agua y metales pesados, ya que la comunidad refiere que la presa se encuentra contaminada por los desechos de las industrias, en específico por metales pesados, esta información no pudo ser corroborada, pero significa un precedente para futuras investigaciones.

## Referencias bibliográficas

Amarilla S, Ríos V, Romero R y Vargas M. 2022. Esteatosis hepática en Tilapias del Nilo: Frecuencia de presentación en *Oreochromis niloticus* alimentados con diferentes piensos en Paraguay. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. Vol. 5. Num. 1: 74-90.

Argota G, Argota H, Larramendi, Mora Y, Fimia R, y Lannacone J. 2012. Histología y química umbral de metales pesados en hígado, branquias y cerebro de *Gambusia punctata* del río Filé de Santiago de Cuba. REDVET 13 (5): 1-11.

Bacchetta 2011. Toxicidad y efectos fisiológicos del insecticida endosulfán en peces neotropicales. Universidad Nacional del litoral. Argentina. pp 126.

Chóez M. 2021. Histopatología hepática en Juveniles de Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) con inclusión de beta glucano en dieta. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. pp 82.

Corona D. 2016. Tlaxcala. Secretaria de economía. México.

Gómez N, Domínguez E, Rodríguez A, Fernández H. 2021. Los indicadores biológicos. La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina. Argentina. pp 57-72.



Gutiérrez A. 2020. Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife. Universidad de La Laguna. pp 268.

Hadfield C. 2021. Clinical Guide to Fish Medicine. Wiley Blackwell. pp. 188-196. ISBN: 97811119259817.

Harp F. 2019. Panorama Minero del Estado de Tlaxcala. Subsecretaría de minería. México. Recuperado de: [https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/panoramas/TLAXCALA\\_dic2019.pdf](https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/panoramas/TLAXCALA_dic2019.pdf)

Leone O, Valdecantos S y Martínez V. 2018. Marcadores histopatológicos de estrés ambiental en el pez *Odhontheistes bonariensis* (Atheriniformes, Atherinopsidae) en dos embalses de Argentina. Cuadernos de Investigación UNED. Vol. 10(2): 273-282.

Leyton S, Muñoz E, Gordillo M, Sánchez G, Muñoz L, Soto A. 2015. Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. Rev. Asoc. Col. Cienci. (Col) 27.

Monroy S. 2008. Estadística descriptiva. 321 pg. Instituto Politécnico Nacional, México.

Moreno J, Aguilar F, Boada N, Rojas J, Prieto C. 2019. Análisis morfométrico e índices del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*). Rev Med Vet Zoot 66(2).

Navarrete - Salgado, N. 2017. *Chirostoma*: Ecología y utilización como especie de cultivo en estanques rústicos. BIOCYT 10 (39): 736-748.

Ramsar. 2011. Ficha informativa: Atlangatepec. Consultado en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1986>.

Rojas L, Mata C, Oliveros A, y Salazar-Lugo R. 2013. «Histología de branquias, hígado y riñón de juveniles del pez neotropical *Colossoma macropomum* expuesto a tres temperaturas.» Biol. Trop 61 (2): 797-806.

Sánchez-Merino, R.; Díaz-Zaragoza, M.; Navarrete-Salgado, N. A.; García-Martínez, M. L.; Ayala-Niño, F.; Flores-Aguilar, M. D. Crecimiento, Mortalidad Y Sobrevivencia Del Charal *Chirostoma humboldtianum* (Atherinopsidae) En El Embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado De México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, 2006, pp. 151-154 Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Sierra E. M, Espinosa de Los Monteros A, Real F, Herráez P, Castro P, Fernández A. 2011. Histología y patología de los peces. Parte 1: Biología y necropsia de los peces. Revista Canaria de las Ciencias Veterinarias. (1): 44-51.

Verdín S, Moreno L, Rojo N, García A, Omaña M, Meneses A, y Nieto O. 2013. Histología e Inmunohistoquímica: Manual de métodos. CDMX: UNAM.

Werner E., Izquierdo Y., Macedo A, Remuzgo G. 2018. Impacto de la ingesta de residuos plásticos en peces. Revista Kawsaypacha pp. 79-92  
DOI: <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201902.004>

**Estudio histopatológico hepático de *Chirostoma jordani* y  
su papel como  
herramienta de monitoreo ambiental en la presa de  
Atlangatepec,  
Tlaxcala.**

Informe Final de Servicio Social para obtener el grado de Licenciado en Biología  
Realizado por

**José Luis González Reyes**

Aprobado en contenido y estilo por



---

Dra. Martha Rodríguez Gutiérrez  
Asesora Interna  
El Hombre y su ambiente



---

Dr. Rubén Contreras Tapia  
Asesor Externo