

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN *Cyprinus carpio*  
EN LA LAGUNA DE METZTITLÁN, HIDALGO, MÉXICO**

**Ernesto J. LOZADA-ZARATE<sup>1</sup>, Scott MONKS<sup>1</sup>, Griselda PULIDO-FLORES<sup>1</sup>,  
Alberto José GORDILLO-MARTÍNEZ<sup>2</sup> y Francisco PRIETO-GARCÍA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Apartado Postal 1-69 C.P. 42001 (smonks@uaeh.edu.mx).

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 C.P. 42074  
(gordillo@uaeh.edu.mx)

**RESUMEN**

Los metales pesados afectan la cadena alimenticia por su bioacumulación; ello es debido a su alta persistencia en el entorno. Este trabajo se realizó en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, en donde la Laguna de Metztitlán es de gran importancia económica y ecológica para la región. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de Al, Cd, Ca, Cr, Pb, Mg, K, Na, Zn, bioacumulados en *Cyprinus carpio*, especie que es cultivada en la zona de estudio. Los ejemplares se disectaron y separaron en sus órganos, se secaron en una estufa a 40°C para obtener masa seca. La digestión, se llevó a cabo por microondas. Las concentraciones de metales se determinaron en un equipo de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP). De los resultados obtenidos, el Cd y Cr no se detectaron, el Pb no se detectó en músculo, branquias y vísceras; únicamente se registró en piel y huesos, exhibiendo la mayor concentración en huesos. Finalmente, se registró altos contenidos de Al en todos los órganos. La bioacumulación evidente de metales en Metztitlán, se manifiesta con altos contenidos de Al en todos los órganos de *Cyprinus carpio*, la presencia de Pb en la piel y huesos, se debe a su sustitución en la ruta metabólica por el Ca. La bioacumulación de K en el músculo y del Zn en vísceras, debe ser

monitoreada por un periodo más prolongado, con el fin de evaluar una posible correlación de estos metales en alguna función metabólica del pez.

## INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han abordado la cuestión de los metales pesados, existiendo unanimidad entre la comunidad científica respecto al carácter tóxico de algunos de ellos para los seres vivos. Dichos metales afectan a las cadenas alimenticias, provocando un efecto de bioacumulación entre los organismos de la cadena trófica. Ello es debido a la alta persistencia de los metales pesados en el entorno, al no tener, la mayoría de éstos, una función biológica definida. Bastante conocido es el caso en el que se incorporan a la cadena alimenticia a través de los organismos filtrantes presentes en los sedimentos marinos, habiéndose observado en ciertas especies un factor de bioconcentración.

Se les considera metales pesados a aquellos metales que pueden causar trastornos en la salud del ser humano (Peña *et al.* 2001), ya sea por exposición a ellos o por almacenamiento en el cuerpo (ya que en algunos casos el cuerpo no los asimila y los bioacumula) (Donat y Dryden 2001). En la clasificación de dichos metales se encuentran algunos de los más tóxicos como: cromo, mercurio, plomo, cadmio, por mencionar algunos.

Naturalmente estos metales se encontraban en concentraciones mínimas en el medio ambiente pero a medida que el dominio antropocéntrico aumenta por el constante crecimiento de las ciudades. Así como su consecuente uso de bienes y la construcción de nuevas plantas industriales que son las principales en emplear dichos metales y sus derivados, han traído consigo un incremento en los niveles de metales pesados en el medio ambiente, alcanzando concentraciones que causan daño a la salud y al equilibrio biológico. La falta de un estudio sobre los organismos acuáticos, en general los peces que bioacumulan estos metales en el área de estudio, motiva el presente trabajo a evaluar el grado de bioacumulación que éstos puedan tener y los posibles daños que se puedan presentar en el ser humano.

La Laguna de Metztitlán tiene una gran importancia económica y ecológica para la región. Ésta laguna representa un refugio para las aves que habitan en la Barranca, así como para las especies migratorias. La laguna es fuente de alimento y empleo para la población de la Vega, ya que de ella viven varias familias de pescadores que extraen carpas y mojarras para su venta en la región. Así también este gran cuerpo de agua sirve como regulador del clima local y proporciona condiciones favorables en la Vega para realizar labores agrícolas (CONANP-SEMARNAT 2003).

El objetivo general del presente trabajo, fue determinar la concentración de los metales pesados ( Al, Cd, Ca, Cr, Pb, Mg, K, Na y Zn) bioacumulados en *Cyprinus carpio* que habita en la laguna de Metztitlán, Estado de Hidalgo, México, establecer los porcentajes de humedad en los diferentes tejidos analizados.

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó con peces de Laguna de Metztitlán, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlan, que se encuentra al Centro Este del estado de Hidalgo. Comprende la cuenca de la Barranca de Metztitlán, entre los paralelos 98 23`00" y 98 57`08" longitud Oeste y 20 14`15" y 20 45`26" latitud Norte, con elevaciones entre 1,000 y 2,000 msnm. La laguna cuenta con una extensión de 96,642.94 hectáreas (CONANP-SEMARNAT 2003).

Para la realización del presente trabajo, se utilizó como muestra de estudio la carpa común (*Cyprinus carpio*) de unos 30 cm. de longitud y de 900 gr de peso, los ejemplares se obtuvieron de la captura comercial en la Laguna de Metztitlán. Los ejemplares se disectaron y separaron en partes, o regiones: branquias, piel, músculo, tracto digestivo con órganos asociados y esqueleto. Cada parte se sometió al secado en horno estufa a 40°C hasta masa seca. Se evaluó la cinética del secado a esta temperatura pesando y calculando las humedades cada 24 horas para 4 días.

Para la evaluación de los metales pesados que se encuentran bioacumulados en los tejidos del pez, primero se llevó a cabo la digestión por microondas (Marx-5), método que se aplica a todo tipo de productos alimenticios (EPA Method 3015 1995). La muestra de cada una de las partes u órganos del

pescado fue digerida en ácido nítrico (0.5 gr de muestra + 5.0 ml de ácido nítrico concentrado) en vasos de teflón, con un aumento de temperatura y presión gradual en el interior de los vaso de digestión (EPA Method 3015 1995).

Una vez que se eliminó la materia orgánica por digestión vía húmeda se determinaron las concentraciones de metales en un equipo de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP). La solución se atomizó en la llama de plasma del equipo de emisión atómica y se registró la emisión del metal objeto de análisis a la longitud de onda del elemento en cuestión (EPA Method 3015 1995).

Para la determinación de las concentraciones de dichos metales se prepararon las correspondientes curvas de calibración partiendo de estándares de referencia. Todos los estándares se prepararon en matriz nítrica al 5%.

## RESULTADOS

La humedad de los tejidos se estableció en los siguientes porcentajes de humedad durante cuatro días a una temperatura de 40°C, obteniéndose a partir de ellas la humedad final en cada órgano del pescado (**Tabla I y II**).

Tabla 1. Determinaciones de las humedades en el tiempo

	% HUMEDAD PERDIDA			
<b>DIA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>MÚSCULO</b>	36.54	60.69	80.30	80.42
<b>PIEL</b>	29.98	45.66	54.97	54.97
<b>HUESO</b>	6.41	11.84	19.83	23.11
<b>BRANQUIAS</b>	44.31	60.86	70.40	70.40
<b>VÍSCERAS</b>	41.05	52.14	58.03	58.44

Tabla 2. Porcentajes de humedad final (DES EST= desviación estándar; %CV = Coeficiente de Variabilidad)

TEJIDO	% HUMEDAD FINAL	DES EST	% CV
MÚSCULO	80.42	0.060	0.075
PIEL	54.97	0.000	0.000
HUESO	23.11	1.640	7.096
BRANQUIAS	70.40	0.000	0.000
VÍSCERAS	58.44	0.205	0.351

Como se observa, a partir del día 3 las pesadas de cada tejido analizado permanecieron constantes, por lo que se consideró que 4 días son suficientes en la evaluación de tejidos en base seca. Los datos la cinética de secado de las muestras de la Tabla 1 se graficó (**Fig. 1**), la cual presentó una comportamiento logarítmico con regresiones ( $r^2$ ) mayores a 0.95.

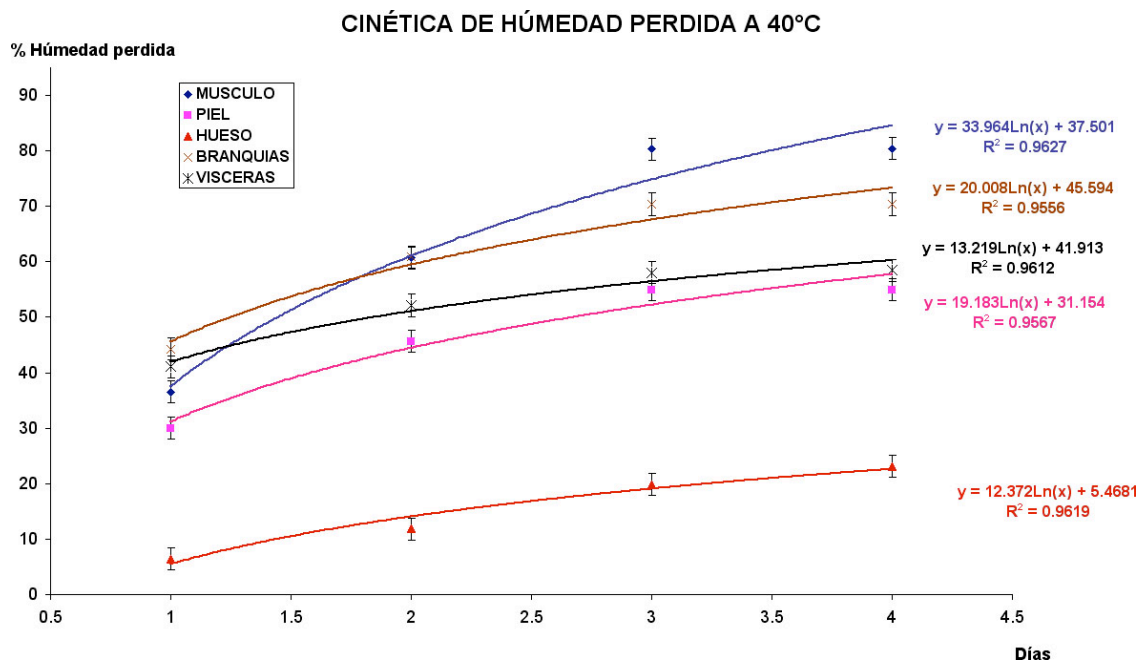


Figura 1. Cinética del secado de los órganos del pescado

Considerando tres diferentes escala, de forma gráfica podemos apreciar los niveles de bioacumulación de los metales en estudio en los órganos del pescado: aquellos que se bioacumulan en valores menores de 20 mg/100 g; en valores entre 20-200 mg/100 y en valores superiores a 200 mg/100 g.

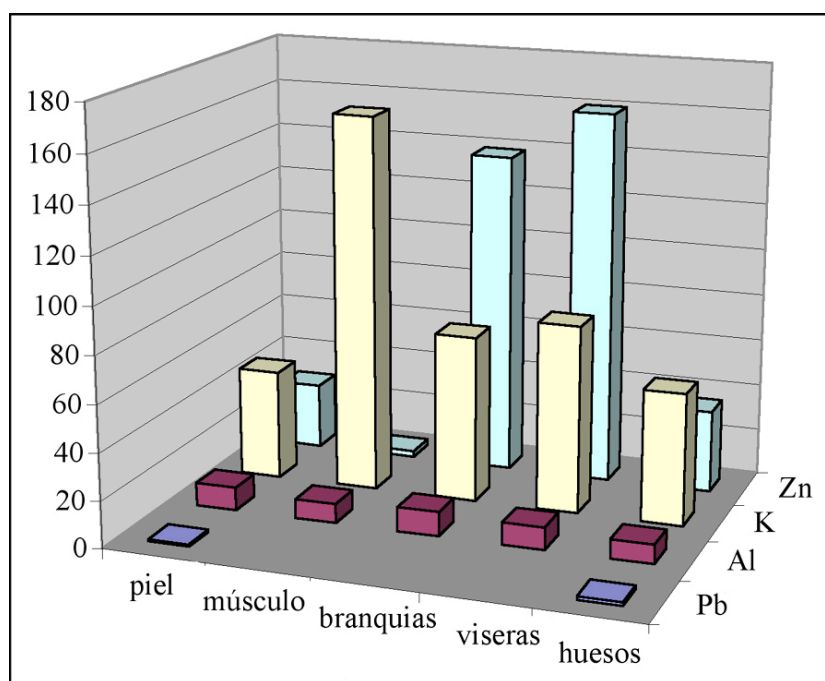
En la tabla III, se presentan las concentraciones de los metales analizados en los tejidos del pez; todos ellos calculados en base seca. El Cd y Cr no se detectaron (por estar por debajo del límite de detección del equipo). El Pb, tampoco se detectó en músculo, branquias y vísceras; únicamente se registró en piel y en huesos. La mayor concentración del Pb se registró en huesos, lo que sugiere que el Pb presente en el agua de la laguna puede penetrar a través de piel y las branquias (ambos tejidos en contacto directo con el agua). Sin embargo, esta hipótesis debe comprobarse porque no se registró Pb en branquias posiblemente porque este metal puede estar pasando directamente a la sangre, donde es transportado a los huesos.

Tabla 3. Concentraciones de metales bioacumulados en pescado por órganos evaluados en base seca

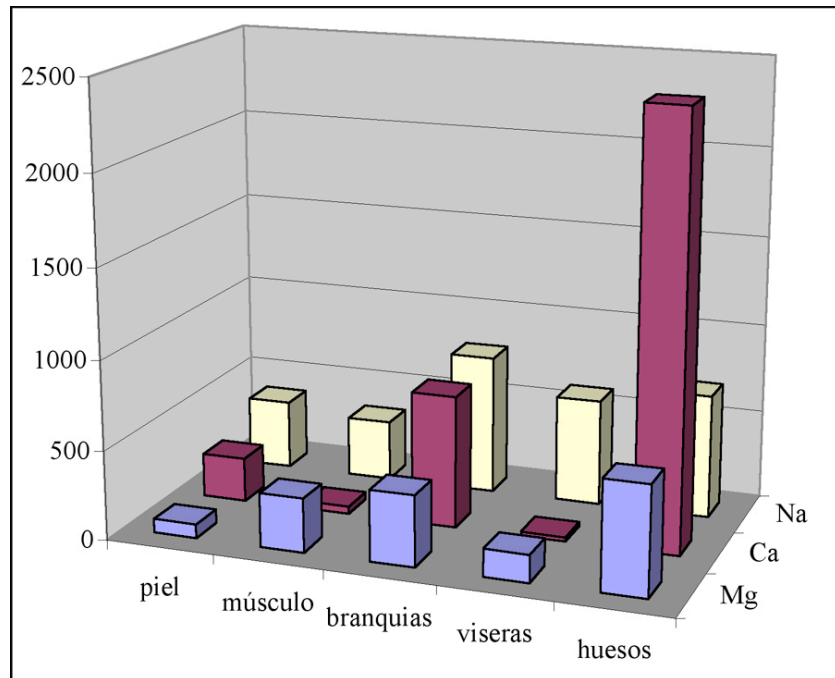
	<b>mg/100g base seca</b>				
	<b>piel</b>	<b>músculo</b>	<b>branquias</b>	<b>viseras</b>	<b>huesos</b>
<b>Al</b>	<b>9.900</b>	<b>8.300</b>	<b>10.400</b>	<b>9.600</b>	<b>8.200</b>
<b>Cd</b>	<b>&lt; 0.0026</b>	<b>&lt;0.0026</b>	<b>&lt;0.0026</b>	<b>&lt;0.0026</b>	<b>&lt;0.0026</b>
<b>Ca</b>	<b>247.000</b>	<b>42.600</b>	<b>740.700</b>	<b>23.900</b>	<b>2395.600</b>
<b>Cr</b>	<b>&lt;0.005</b>	<b>&lt;0.005</b>	<b>&lt;0.005</b>	<b>&lt;0.005</b>	<b>&lt;0.005</b>
<b>Pb</b>	<b>0.900</b>	<b>&lt;0.006</b>	<b>&lt;0.006</b>	<b>&lt;0.006</b>	<b>1.400</b>
<b>Mg</b>	<b>78.100</b>	<b>301.500</b>	<b>396.500</b>	<b>153.700</b>	<b>609.500</b>
<b>K</b>	<b>47.000</b>	<b>161.100</b>	<b>71.200</b>	<b>80.400</b>	<b>56.400</b>
<b>Na</b>	<b>386.300</b>	<b>336.600</b>	<b>780.700</b>	<b>595.900</b>	<b>692.300</b>
<b>Zn</b>	<b>28.100</b>	<b>2.600</b>	<b>138.400</b>	<b>159.800</b>	<b>35.300</b>

En las Figuras 2A y 2B se observan diferencias de las concentraciones de metales de cada tejido. En los cuales resalta la bioacumulación del Al, que se

comporta de manera similar en todos los órganos del pez (Fig. 2A). Se detectó la presencia de Pb en la piel y los huesos. La concentración de K y Zn, como se indica, alcanzó un nivel más alto de K en las branquias y menos en músculo. En las branquias y vísceras ocurrió de manera inversa, con mayores niveles de Zn y niveles menos de K. En la piel y los huesos, las cantidades de los dos metales fueron similares y relativamente más bajas. Con respecto a los elementos de Mg y Na (Figura 2B), las concentraciones de bioacumulación fueron similares. El Ca se registró con las concentraciones más altas en huesos y branquias.



**Figura 2 A. Concentración bioacumulada de Pb, Al, K y Zn por cada órgano del pez (escala en mg/100gm).**



**Figura 2 B. Concentración bioacumulada de Na, Ca y Mg por cada órgano del pez (escala en mg/100gm).**

### CONCLUSIONES

La cinética del secado de la carpa común (*Cyprinus carpio*) muestra una función logarítmica a 40°C y a esta temperatura y 4 días de secado es suficiente para obtener resultados de concentración de metales bioacumulados en base seca.

La bioacumulación evidente de metales presentes en las aguas del lago de Metztitlán en los diferentes órganos del pescado se manifiesta con altos contenidos de Al en todos los órganos, así mismo la presencia de Pb en la piel y bioacumulado principalmente en los huesos, al parecer por intercambio con el Ca de éstos.

La bioacumulación mayoritaria de K en el músculo y de Zn en vísceras deberá seguir siendo monitoreada y correlacionada con alguna función metabólica del pez.



## **Agradecimientos**

Al fondo SIZA-CONACYT por el otorgamiento de una beca a J. E. Lozada Zarate para la realización de la tesis dentro del proyecto “Inventario de la helminthiasis en peces y su riesgo potencial zoonótico en comunidades indígenas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México” (Clave 20020803006) y al Sr. Andres Lopéz por su apoyo en la colecta de los peces.

## **REFERENCIAS**

- CONANP-SEMARNAT. (2003) Programa de manejo, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. 198 p.
- Donat J. y Dryden C. (2001) Transition metals and heavy metal speciation. *En: Encyclopedia of ocean sciences*, Steele J., Thorpe S. y Turekian K., Eds. Academic Press, London.
- EPA Method 3015. (1995) Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. *En: Test methods for evaluating solid waste. Tercero edición, Tercero actualización; United States Environmental Protection Agency, Washington D. C.*
- Peña C. E., Carter D. E., Ayala-Fierro, F. (2001) Evaluación de riesgos y restauración ambiental. <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>.