



MERCURIO TOTAL EN EL BAGRE RAYADO *Pseudoplatystoma magdaleniatum* DE LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA

TOTAL MERCURY IN THE BARRED CATFISH *Pseudoplatystoma magdaleniatum* IN THE ZAPATOSA SWAMP

Eduar J. Arias-Vanegas ^a, <https://orcid.org/0000-0001-7901-7443>

Guillermo Duque-Nivia ^b, <https://orcid.org/0000-0002-2468-529X>

Luis A. Acosta-Murgas ^a, <https://orcid.org/0000-0003-4441-6158>

^a Estudiante Maestría en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agropecuaria, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. luaacostamu@unal.edu.co, edjariasva@unal.edu.co

^b Profesor titular, Facultad de Administración e Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. gduquen@unal.edu.co

Recibido: 04-08-2019

Aceptado: 09-05-2020

RESUMEN

El mercurio es una sustancia contaminante que, al estar presente en el ambiente, puede representar peligro para la salud pública; las personas están principalmente expuestas a este metal al consumir peces contaminados con mercurio. En este trabajo se determinó la concentración de mercurio espacio-temporal en el *Pseudoplatystoma magdaleniatum* de la ciénaga Zapatosa. Se realizaron cuatro muestreos en un periodo de un año entre julio de 2017 a junio de 2018, en cuatros estaciones con características diferentes. En el análisis de mercurio total se usó el método de medición directa según EPA 7473. Se capturó un total de 185 individuos, todos presentaron concentración de mercurio, en todas las épocas y estaciones estudiadas y hubo diferencias significativas ($p < 0,005$) en la interacción estación-periodo; las estaciones alejadas de los ríos presentaron los más altos valores y en la mayoría de los periodos no presentaron diferencias significativas ($p < 0,005$); las estaciones cercanas a los ríos presentaron las menores concentraciones y tendieron a ser diferentes. La concentración promedio fue de $0,278 \pm 0,14 \mu\text{g/g}$, superando en algunos casos el nivel máximo permitido para consumo de la población en general ($0,5 \mu\text{g/g}$). Las concentraciones más altas de mercurio total en peces fueron encontradas en los periodos de sequía en los cuales las temperaturas en la zona de estudio son altas y aumentan la actividad de metilación.

Palabras clave: ambiente, concentración, contaminante, metilación, salud pública

ABSTRACT

Mercury is a polluting substance, and being present in the environment, it can represent a danger to public health. People are primarily exposed to this metal by eating fish contaminated with mercury. In this work, the mercury concentration was determined temporary space in the *Pseudoplatystoma magdaleniatum* in Zapatosa swamp. Four samplings were conducted in one year from July 2017 to June

Artículo de Investigación

2018, in four seasons with different characteristics. In the total mercury analysis, the direct measurement method according to EPA 7473 was used. A total of 185 individuals were captured, all they presented mercury concentration, in all seasons and stations studied and there were significant differences ($p < 0.005$) in the station-period interaction, the stations away from the rivers presented the highest values, and in most of the periods they did not show significant differences ($p < 0.005$); the stations near the rivers presented the lowest concentrations and tended to be different. The average concentration was $0.278 \pm 0.14 \mu\text{g/g}$, exceeding in some cases the maximum level allowed for consumption of the general population ($0.5 \mu\text{g/g}$). The highest concentrations of total mercury in fish were found in drought periods in which temperatures in the study area are high, and methylation activity increases.

Keywords: concentration, contaminant, environment, methylation, public health

INTRODUCCIÓN

El mercurio es un metal altamente tóxico; es considerado una de las seis sustancias químicas más peligrosas en el mundo natural y se ha convertido en una de las principales amenazas sobre los ecosistemas acuáticos, debido a los procesos de biomagnificación y bioacumulación, siendo muy estudiado últimamente por la comunidad científica^[1]. El consumo de peces representa una actividad que se relaciona con la intoxicación de mercurio, teniendo en cuenta que gran parte de este elemento se halla en su forma orgánica (metilmercurio) en las diferentes formas de vida presentes en los ecosistemas acuáticos^[2]. Por lo anterior, la determinación de las concentraciones de mercurio en peces representa un factor relevante desde el punto de vista toxicológico, ambiental y de salud pública, pues desencadena una serie de enfermedades como síndrome gastroentérico agudo, insuficiencia renal, vómito en ocasiones hemorrágico, entre otros^[3], y las mujeres embarazadas y los niños son más vulnerable y pueden presentar problemas en su desarrollo cognitivo^[4], como se evidenció en el envenenamiento agudo que se originó en Japón e Irak, donde muchas

personas resultaron afectadas por presencia de metilmercurio en peces^[5].

Las investigaciones relacionadas con la presencia de metales en Colombia, principalmente el mercurio, se han desarrollado en su mayoría en el río Magdalena, con mayor concentración en el sector de la Mojana y en las ciénagas del sur del Bolívar^[6]. En lo que respecta a la ciénaga de la Zapatosa no se ha realizado un estudio directo y completo, por lo que la determinación de concentraciones de mercurio en el bagre rayado con todas sus importantes características permite establecer la probabilidad de contaminación de este importante ecosistema, aunque no existen fuentes puntuales de mercurio en el área de estudio; en la cuenca media y baja del Magdalena si se genera contaminación por este metal^[7]. El objetivo del presente estudio fue determinar la concentración de mercurio en el *Pseudoplatystoma magdaleniatum* en diferentes épocas climáticas y zonas de muestreo en la ciénaga de Zapatosa. Los métodos seguidos en el presente estudio contaron con el aval del comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La ciénaga de Zapatosa se encuentra localizada al norte de Colombia, al sur del departamento del Magdalena, centro occidente del Cesar y al margen derecho del río Magdalena (Figura 1).

Se ubica según el sistema de coordenadas Magna Sirgas entre los $9^{\circ} 0'$ y $9^{\circ} 18'$ de latitud Norte y los $73^{\circ} 40'$ a $73^{\circ} 56'$ de longitud Oeste. Es el cuerpo de agua dulce continental más grande del país, con una extensión aproximada de 300 km^2 , llegando a 500 km^2 en su máxima

extensión en época de lluvias; su profundidad media es de 4,15 m. El régimen de lluvias de la zona es bimodal tetraestacional, con una precipitación media anual de 1956 mm.

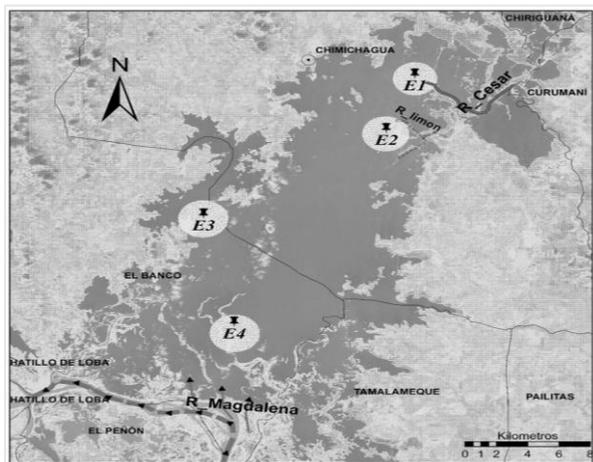


Figura 1. Área de estudio. Ciénaga Zapatosa. E1: Boca Doncella; E2: Río Limón; E3: Rincon de Bijagual; E4: Pimiento.

Recolección y tratamiento de muestras

Se realizó cuatro muestreos, abarcando dos periodos de lluvias y dos de sequía, en cuatro lugares o estaciones diferentes, dos próximas a los ríos Magdalena (Pimiento) y Cesar (Boca Doncella), y dos estaciones con características distintas y con ubicaciones más al centro del área de estudio (Rincon de Bijagual y Río Limón). Los cuatro periodos de muestreos corresponden cada uno a bloques de tres meses, con características distintas climática e hidrométrica, basados en datos históricos obtenidos del IDEAM, donde se analizaron las estaciones limnimétricas y climatológicas (Medio, Alto, Bajo y Ascenso).

Los ejemplares de *P. magdaleniatum* fueron capturados en faenas de pescas con pescadores artesanales, utilizando artes de pescas como el

trasmallo, con diferentes tamaños de ojo de malla, con la finalidad de obtener especímenes de diferente talla y peso. Una vez capturados los especímenes fueron identificados almacenados en bolsas plásticas, refrigerados en una nevera, para posteriormente ser llevados al laboratorio, donde se midió talla (longitud total y estándar en cm) utilizando un ictiómetro y se registró el peso (g) de cada uno, mediante una balanza de alta precisión.

Detección de mercurio

Los músculos de los peces se mantuvieron en frío para posteriormente realizar el proceso de liofilización con un equipo Labconco 79480 Series, por lo que fue necesario refrigerar las muestras y luego someter a presión; posteriormente se extrajo la humedad. Para determinar la concentración de mercurio total se siguió el procedimiento EPA 7473, usando como herramienta el Milestone DMA-80 Direct Mercury Analyzer (Milestone GmbH, Germany), gracias al cual se puede hacer el análisis directo de mercurio.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, usando herramientas como las medidas de tendencia central y de dispersión, para poder conocer el comportamiento, la variabilidad y otros estadígrafos. Se determinó las diferencias significativas ($p < 0,05$) por estación y periodo, mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) usando el paquete estadístico SAS 9.4 y se examinó el Error Tipo III. Se realizó la prueba Duncan para establecer la comparación de medias y determinar la estación o periodo con diferencias significativas para cada una de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se capturó un total de 185 individuos, sobre los cuales se pudo observar que en las estaciones externas o próximas a los ríos fueron los lugares donde se capturaron más individuos, y en las

ubicaciones centrales se obtuvo la menor cantidad de la especie en estudio. En los periodos alto y bajo se registró el mayor número de individuos (Tabla 1). Los ciclos biológicos de los

peces de esta región están adaptados a las condiciones hidrológicas del complejo río-ciénaga y a los fenómenos conocidos como “subienda” y “bajanza”, lo que conlleva a que más del 70% de la pesca se concentre entre el periodo de lluvia y de sequía^[8], como ocurrió para el caso

concreto del *P. magdaleniatum*. Esta especie se ha visto afectada por la pesquería artesanal y la sobreexplotación^[9], fenómeno que se evidencia en la Ciénaga Zapatosa, lo que conlleva a la reducción notoria de su oferta, de las tallas de capturas y su variabilidad genética.

Tabla 1. Capturas totales del *P. magdaleniatum* en las diferentes estaciones de muestreo y periodos climáticos.

Periodo/Estación	Boca Doncella (E 1)	Río Limón (E2)	Rincón Bijagual (E3)	Pimiento (E4)	Total
Medio	3	5	4	18	30
Alto	17	6	19	30	72
Bajo	22	12	9	21	64
Ascenso	9	4	2	4	19
Total	51	27	34	73	185

La medición de mercurio total en los músculos de los diferentes bagres capturados en la ciénaga Zapatosa evidenció que todos los individuos contienen este metal pesado en sus tejidos, en todas las épocas y estaciones, presentándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), en la interacción estación-periodo (Tabla 2). El individuo que tuvo mayor concentración de Hg fue atrapado en la estación próxima al río Magdalena en la época de aguas altas, con una concentración de 1,3 $\mu\text{g/g}$, mientras que el de menor concentración se capturó en la misma época, pero en la estación alejada del río Magdalena, el Rincón de Bijagual, con una concentración de 0,099 $\mu\text{g/g}$. El valor promedio general de concentración de este metal en los 185 peces fue de 0,278 \pm 0,14 $\mu\text{g/g}$.

Los valores de mercurio registrados en la especie de estudio son menores a los encontrados en otras investigaciones similares, donde la concentración promedio fue de 0,423 \pm 0,113 $\mu\text{g/g}$ en la ciénaga de Ayapel, Córdoba^[10]. Por su parte, otros investigadores reportaron concentraciones de 0,510 \pm 0,075 $\mu\text{g/g}$ para la misma área de estudio^[11]. Las concentraciones superiores a 0,075 $\mu\text{g Hg/g}$ en especies acuáticas indican contaminación de origen humano, ocasionada principalmente por la minería de oro^[3], lo que sugiere que esta actividad, a lo

largo del río Magdalena, está causando impacto sobre las poblaciones de *P. magdaleniatum* que llegan a la Zapatosa, toda vez que esta es una especie migratoria, con hábitos alimenticios que la ubican en la parte superior de la cadena trófica.

La estación con mayor concentración de este metal durante el periodo de estudio fue Rincón de Bijagual (Figura 2), mostrando temporalmente los mayores valores a excepción del periodo alto donde no superó los 300 $\mu\text{g/g}$, sus mayores valores se presentaron en el periodo bajo y en ascenso; la segunda estación con mayor concentración de mercurio fue Río Limón, es decir que las estaciones internas o alejadas de los ríos presentaron los más altos valores y en la mayoría de los periodos no presentaron diferencias significativas entre ellas, a excepción del periodo en ascenso; las estaciones cercanas al río Magdalena y Cesar tuvieron las menores concentraciones y tendieron a ser diferentes, a excepción del periodo bajo, donde todas fueron similares. Se pudo observar que en el periodo de aguas medias, la única estación estadísticamente diferente fue Pimiento, la cual por lo general siempre registró valores por debajo de 300 $\mu\text{g/g}$ diferenciándose de las demás temporalmente, a excepción del periodo bajo donde superó este valor.

Tabla 2. Concentración de mercurio (T-Hg $\mu\text{g/g}$) en el *P. magdaleniatum* de la ciénaga Zapatosa. (Promedio \pm desviación estándar).

Periodo	Estación	T-Hg en pez	Rango T-Hg en pez	Número de peces
Medio	Boca Doncella	0,3500 \pm 0,105A	0,199-0,554	3
	Río Limón	0,3240 \pm 0,076A	0,134-0,509	5
	Rincón Bijagual	0,3050 \pm 0,061A	0,192-0,457	4
	Pimiento	0,2130 \pm 0,014B	0,131-0,333	18
Alto	Boca Doncella	0,2320 \pm 0,022A	0,131-0,491	17
	Río Limón	0,2900 \pm 0,035B	0,185-0,411	6
	Rincón Bijagual	0,272 \pm 0,037AB	0,099-0,758	19
	Pimiento	0,2900 \pm 0,043B	0,101-1,311	30
Bajo	Boca Doncella	0,2850 \pm 0,023A	0,119-0,556	21
	Río Limón	0,2860 \pm 0,094A	0,144-0,459	12
	Rincón Bijagual	0,3300 \pm 0,037A	0,211-0,498	9
	Pimiento	0,3190 \pm 0,029A	0,101-0,727	22
Ascenso	Boca Doncella	0,274 \pm 0,036AB	0,141-0,540	10
	Río Limón	0,253 \pm 0,052AD	0,201-0,306	2
	Rincón Bijagual	0,3220 \pm 0,049B	0,272-0,373	2
	Pimiento	0,1860 \pm 0,021C	0,105-0,262	5

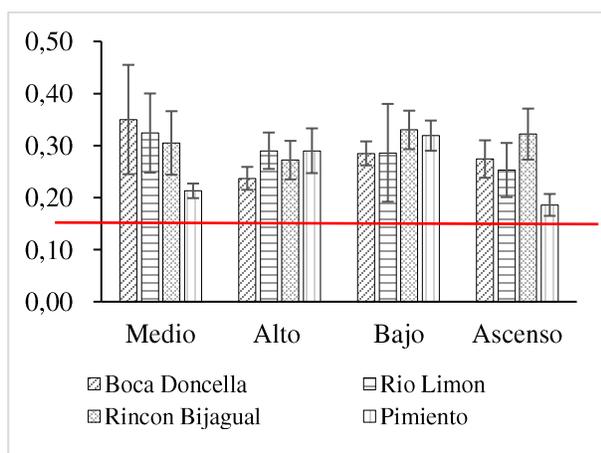


Figura 2. Concentración promedio de mercurio en el *P. magdaleniatum* en las diferentes estaciones y periodos en la ciénaga Zapatosa. (La línea roja indica el valor máximo permitido para consumo de la población vulnerable)

En el periodo de lluvias más intensas, la estación Boca Doncella fue la única que presentó diferencias significativas con las demás estaciones, siendo el valor más pequeño para este periodo, al igual que la estación Pimiento por lo general siempre registró valores bajos; sólo en

el periodo medio sobrepasó los 300 $\mu\text{g/g}$ llegando a los 350 $\mu\text{g/g}$, que precisamente fue el valor más alto en los diferentes periodos. En el periodo de sequía las estaciones fueron muy similares y no registraron diferencias. El periodo de aguas en ascenso presentó las diferencias más definidas durante todo el periodo de muestreo, siendo la estación Pimiento diferentes a las demás, registrando el menor valor de mercurio en pez registrado durante todo el estudio; las estaciones internas mostraron diferencias entre ellas; sin embargo, con respecto a Boca Doncella no tuvieron diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto a las épocas, las mayores concentraciones se registraron en la época media y baja, donde se observa la mayor temperatura en la zona; en estos periodos la mayoría de las estaciones muestran valores altos de mercurio para la zona de estudio; esta situación se relaciona con el hecho que en épocas de verano existe una alta biodisponibilidad, dadas las altas temperaturas, que conlleva a que el mercurio se concentre más a medida que los niveles de agua disminuyen ^[10]; además, las altas temperaturas

Artículo de Investigación

durante las temporadas secas pueden aumentar la actividad de metilación^[12].

A nivel general se encontró 10 bagres que superaron los 0,5 µg/g de mercurio, que es el nivel máximo permitido para consumo de la población en general, según la Organización Mundial de la Salud, y 118 tenían niveles de T-Hg superiores a 0,2 µg/g, que es el nivel máximo permitido para consumo en la población vulnerable, por lo que se hace necesario proteger las mujeres embarazadas, niños menores de 15 años y consumidores frecuentes.

Es importante considerar que la exposición constante a bajos niveles de mercurio afecta, a mediano plazo, a la población expuesta a este metal, generando alteraciones en las funciones

del sistema nervioso, los pescadores y sus familias son los más propensos a verse afectados por intoxicación con mercurio, por lo que es pertinente determinar la dieta de estas personas para poder establecer posibles riesgos^[6]. La presencia de mercurio en el *P. magdaleniatum* se puede atribuir a sus hábitos alimenticios, al hecho de estar en la parte superior de la cadena trófica, diferentes estudios han encontrado que la mayor concentración de mercurio total la presentan especies con hábitos carnívoros, detritívoros-zooplancónicos^[13]. En los ecosistemas tropicales, se ha constatado que las especies de peces con hábitos carnívoros, como el bagre pintado, acumulan más mercurio que las otras especies^[14].

CONCLUSIONES

Todos los individuos de *P. magdaleniatum* encontrados en la ciénaga Zapatosa presentan concentración de mercurio, en todas las épocas y estaciones estudiadas, registrándose diferencias significativas ($p < 0,005$) en la interacción estación-periodo.

La concentración promedio de mercurio en las muestras de músculos fue de $0,278 \pm 0,14$ µg/g. Además, se registraron 10 bagres rayados

que superaron el nivel máximo permitido para consumo de la población en general (0,5 µg/g) y aproximadamente el 70% tenían concentraciones de T-Hg superiores a 0,2 µg/g, que es el nivel máximo permitido para consumo en la población vulnerable.

Las concentraciones más altas de Hg-T en peces fueron encontradas en el periodo de sequía y en las estaciones internas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mosquera F, Trujillo F, Caicedo D, Martínez S. Indicios de biomagnificación de mercurio total (Hg) en las especies del género *Inia* (Cetartiodactyla: Iniidae) en los ríos Amazonas y Orinoco (Colombia). *Momentos Cienc.* 2015; 12 (2).
- [2] Morel F, Kraepiel A, Amyot M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annu Rev Ecol Syst.* 1998; 29 (1): 543–66.
- [3] García A, Parejo A, Vela L, Coronado L. Presencia de mercurio en la especie *Pimelodus grosskopfii* “Capaz” en el departamento del Huila. *Ing y Región.* 2015; 13 (1): 47–56.
- [4] Llop S, Ibarlucea J, Sunyer J, Ballester F. Estado actual sobre la exposición alimentaria al mercurio durante el embarazo y la infancia, y recomendaciones en salud pública. *Gac Sanit.* 2013; 27 (3): 273–8.
- [5] Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 2003; 68: 167–82.
- [6] Vergara E, Rodríguez P. Presencia de mercurio, plomo y cobre en tejidos de *Oreochromis niloticus*: sector de la cuenca alta del Rio Chicamocha, vereda Volcán, Paipa, Colombia. *Prod + Limpia.* 2015; 10 (2): 114–26.
- [7] Calao C, Marrugo J. Efectos genotóxicos en población humana asociados a metales pesados en la región de La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica.* 2015; 35 (139-151).

- [8] Vilorio J. Economía extractiva y pobreza en la ciénaga de Zapatosa. En: Aguilera M, editora. La economía de las ciénagas del Caribe colombiano. Bogotá: Banco de la República; 2011. p. 54-94.
- [9] Gallo H, Díaz S. Variabilidad genética del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (pisces: pimelodidae) en el río Magdalena (Colombia). Rev Acad Colomb. 2003; 27 (105): 599–605.
- [10] Marrugo J, Lans E, Benítez L. Hallazgo de mercurio en peces de la ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. MVZ Córdoba. 2007; 12 (1): 878–86.
- [11] Gracia L, Marrugo JL, Alvis E. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia. Rev Fac Nac Salud Pública. 2010; 28: 18–24.
- [12] Ullrich S, Tanton T, Abdrashitova S. Mercury in the aquatic environment: A review of factors affecting methylation. Crit Rev Environ Sci Technol. 2001; 31 (3): 241–93.
- [13] Olivero J, Johnson B, Arguello E. Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia (South America). Sci Total Environ. 2002; 289 (1–3): 41–7.
- [14] Marrugo J, Benitez L, Olivero J. Distribution of Mercury in Several Environmental Compartments in an Aquatic Ecosystem Impacted by Gold Mining in Northern Colombia. Arch Environ Contam Toxicol. 2008; 55 (2): 305–16.