Distribución de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Ecuador

Distribution of heavy metals in water, sediments and fish of the Carrizal River, Ecuador

Ana María Aveiga Ortiz 1, * https://orcid.org/0000-0003-0603-6269

Carlos Luis Banchón Bajaña 1, https://orcid.org/0000-0002-0388-1988

Laura Gema Mendoza Cedeño 1, https://orcid.org/0000-0002-1153-9867

José Manuel Calderón Pincay 1, https://orcid.org/0000-0002-3315-997X

María Isabel Delgado Moreira 1, https://orcid.org/0000-0002-3368-7481

1 Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

*Autor para la correspondencia: aaveiga@espam.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación pretende analizar la distribución de metales pesados (Pb, Cd y Cu) en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Manabí – Ecuador. Se establecieron 21 estaciones de monitoreo para agua y sedimento. Además, se extrajeron muestras de tejido hepático, branquial y muscular de Hoplias microlepis, Aequidens rivulatus y Oreochromis niloticus; el contenido de metales pesados se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica. El Pb en agua y sedimentos fue de 0,41 mg/L y 0,03 mg/kg, respectivamente. En branquias de Hoplias microlepis (0,181 mg/kg) y en músculos de Aequidens rivulatus (0,149 mg/kg) se obtuvieron los mayores niveles de Pb. Las especies ictícolas presentaron niveles no detectables de Cd o Cu. El nivel de Pb en agua superficial supera el límite establecido; evidenciándose una distribución y posible biomagnificación de este metal.

Palabras clave: agua de río, biomagnificación, contaminación, ictiofauna, metales pesados.

ABSTRACT

This research aims to analyze the distribution of heavy metals (Pb, Cd and Cu) in water, sediments and fish from the Carrizal River, Manabí - Ecuador. 21 monitoring stations for water and sediment were carried out. In addition, liver, gill, and muscle tissue samples of Hoplias microlepis, Aequidens rivulatus, and Oreochromis niloticus were extracted; heavy metal content is determined by atomic absorption spectrophotometry. The Pb in water and sediments was 0,41 mg/L and 0,03 mg/kg, respectively. In gills of Hoplias microlepis (0,181 mg/kg) and in muscles of Aequidens rivulatus (0,149 mg/kg), the highest levels of Pb were found. The fish species presented undetectable levels of Cd or Cu. The level of Pb in surface water exceeds the established limit; evidencing a distribution and possible biomagnification of this metal.

Keywords: river water, biomagnification, contamination, ichthyofauna, heavy metals

Recibido: 15/3/2022

Aceptado: 17/6/2022

Introducción

El agua limpia y pura es un recurso imperativo para la bebida, el riego, la industria, la recreación y también ayuda en la generación de energía; sin embargo, a lo largo de la historia humana, el agua ha sido mal utilizada y su calidad se ha degradado debido a diversas actividades antropogénicas como la descarga de desechos industriales y agrícolas en las aguas superficiales (Wang et al., 2020). Actualmente, la contaminación de los ríos es uno de los problemas más serios y emergentes en la mayoría de los países en desarrollo, por la rápida industrialización y agricultura intensiva que han generado un aumento en la cantidad de efluentes que se eliminan en cuerpos de agua naturales, dichos efluentes constituyen una de las principales fuentes de toxicidad ambiental, que pone en peligro la biota acuática y deteriora la calidad del agua (Laxmi et al., 2019).

La intensificación de las actividades antropogénicas ha resultado en un aumento de la contaminación por metales pesados en los sistemas fluviales, lo cual provoca la absorción de metales en la superficie del lecho de sedimentos debido a su alto peso atómico y mayor densidad que la del agua, es decir, los sedimentos actúan como fuente y sumidero de contaminantes, que se liberan nuevamente en la fase de agua mediante la movilización gobernada por cambios en los parámetros básicos de calidad del agua (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, etcétera) (Hussain et al., 2017; Laxmi et al., 2019). La contaminación por metales, tiene una influencia esencial en la sociedad humana debido a su persistencia y capacidad de biomagnificarse a lo largo de la cadena alimentaria, por lo que, afecta la salud humana por la eventual ingestión de metales pesados biomagnificados en las fuentes de alimentos (peces) o por la ingesta directa de agua contaminada (Luo et al, 2021; Copaja and Muñoz, 2018).

Metales pesados como el plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el cobre (Cu) producen graves peligros para la salud; y, debido a las condiciones ambientales cambiantes y al uso extremo de agroquímicos, estos metales pesados se acumulan en los suelos y se transfieren al sistema de agua por lixiviación, representando una seria amenaza para la vida humana; además, afectan el crecimiento de las plantas (Hussain et al., 2017).

En Ecuador, varios estudios han determinado la presencia de diferentes metales pesados en matrices como aguas superficiales, sedimentos, peces, suelos, cultivos, material particulado, entre otros, cuyos niveles superan las normas correspondientes, en algunos casos, lo que representa un alto riesgo para el ecosistema y la población (Cipriani et al., 2020: Pernía et al., 2018). En ríos de la provincia de Pichincha, se ha reportado que los niveles de Cu, Pb, y Cd superan los límites establecidos hasta en 94% del agua superficial de 18 ríos analizados (Borja et al., 2020). Bajo los antecedentes antes mencionados, esta investigación tiene la finalidad de analizar la distribución de metales pesados (Pb, Cd y Cu) en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Manabí – Ecuador.

Metodología

Área de estudio

Esta investigación se realizó en el año 2019 en el cantón Bolívar, Manabí – Ecuador, específicamente en la cuenca hídrica del río Carrizal; donde la temperatura oscila entre 24-26 ºC y el clima es de tipo tropical seco, presenta una precipitación media anual de 106,05 mm

y su altitud va desde los 10 a los 500 msnm (Moreira y Ortega, 2021). Se establecieron 21 estaciones (figura 1), mismas que cubrieron 51 km de extensión aproximadamente, dichas estaciones fueron distribuidas de la siguiente manera:

- Microcuenca (17 km): 7 estaciones.
- Embalse la Esperanza (8 km): 5 estaciones.
- Subcuenca (26 km): 9 estaciones.

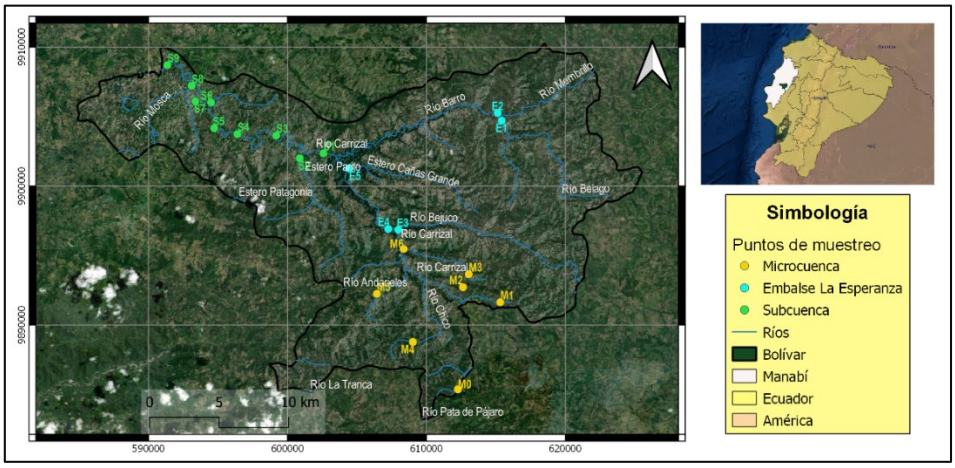

Fig. 1– Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo establecidos.

Las coordenadas de los puntos de muestreo se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas (UTM) de los puntos de monitoreo establecidos.

Punto	X	Y	Sitio
M0	612527	9892765	La Azucena
M1	606265	9892521	Severino
M2	617373	9890506	Balsa en Medio
M3	612745	9893591	Tigre Adentro
M4	608790	9890320	Río Chico
M5	608110	9895161	Puente Carrizal
M6	612657	9884873	El Frutal
E1	607765	9896943	Carrizal
E2	608079	9896943	Bejuco
E3	615011	9904447	Dos Bocas
E4	615235	9904722	Membrillo
E5	604094	9901938	Embalse La Esperanza
S1	602324	9901991	La Esperanza
S2	600978	9902075	Quiroga
S3	598961	9903302	Barranco Colorado
S4	596101	9903420	Sarampión
S5	594588	9904209	Mata Palo
S6	594467	9905962	Los Almendros
S7	593187	9905913	San Bartolo
S8	593176	9907087	La Karina
S9	591243	9908517	Limón

Determinación de metales pesados (Pb, Cd y Cu) en agua, sedimento y peces del río Carrizal

Las tomas de muestras en agua y sedimento se realizaron dos veces al año, en los meses de agosto y octubre. La recolección de muestras en agua se fundamentó en la norma UNE-EN

ISO 5667-3:2019, y, adaptando también la metodología propuesta por Murgueitio et al. (2018); se empleó una botella muestreadora de fondo plano, la misma que se ubicó en el centro del cauce y contra corriente. En cuanto a sedimentos, se recolectó 1 kg de sedimento superficial (de 20 a 50 cm de profundidad y empleando un barreno) a orillas del afluente, las muestras recolectadas fueron clasificadas según el diámetro de partículas (menor a 200 µm), conteniendo una proporción importante de fracción limosa-arcillosa, debido a que los metales tienden a acumularse en las partículas de menor tamaño depositadas en los lechos de los ríos (Chandabadani and Kancha, 2015). Posteriormente se almacenaron en bolsas plásticas con cierre hermético y se conservaron a una temperatura de 4.0ºC para su traslado al laboratorio, donde se aplicó digestión a las muestras (Murgueitio et al., 2018).

Referente a la fauna ictícola, se escogieron 3 especies de peces, 2 de ellas nativas: Hoplias microlepis (guanchiche) y Aequidens rivulatus (vieja), y 1 introducida: Oreochromis niloticus (tilapia), mismas que se muestran en la figura 2. Se utilizaron redes de pesca (4-4,5 pulgadas) para capturar los ejemplares, mismos que se almacenaron en fundas plásticas que se guardaron en un contenedor de espuma aislante con hielo; posteriormente, los peces se identificaron, midieron y pesaron en el Laboratorio de Química Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, donde se extrajeron muestras de tejido hepático, branquial y muscular mediante disección con instrumental plástico, considerándose únicamente a individuos adultos con tamaño y peso similares (Aveiga et al., 2020).

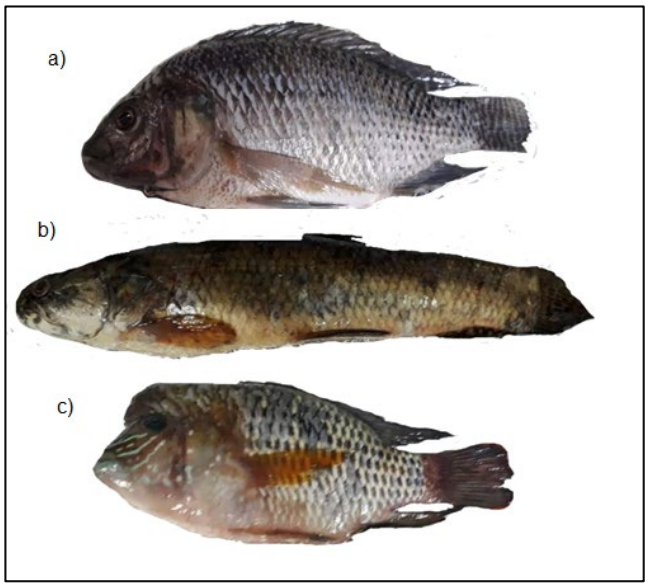

Fig 2. – Ejemplares de: a) Oreochromis niloticus, b) Hoplias microlepis y c) Aequidens rivulatus.

El método empleado para los análisis de metales pesados en agua, sedimentos y peces fue APHA AWWA WEF 3111- B, empleándose un espectrofotómetro de absorción atómica marca: Perkin Elmer (Aonolyst 200); el límite de detección del equipo para los metales bajo estudio es de 0,2 ug/L.

Análisis estadístico

Los resultados de los análisis se analizaron y representaron gráficamente mediante el software IBM SPSS Statistics 26, que es un programa útil para explorar los datos críticos mediante métodos simples (Priyanka, 2020). Se aplicó el diseño completamente al azar, mismo que tuvo como factores a las zonas de muestreo (microcuenca, embalse La Esperanza

y subcuenca) y las épocas de muestreo (agosto y octubre) y las repeticiones correspondieron a los valores detectados en cada punto de muestreo. Se comprobó la normalidad (Shapiro-Wilk) de los datos y la homogeneidad de varianzas; para luego aplicarse el análisis de varianza (ANOVA) a los datos de los análisis.

Resultados y discusión

Los valores de Pb en agua superficial encontrados, revelaron que, el sitio con mayor contenido de este metal es Balsa en Medio (M2) con 0,41 mg/L, siendo este un valor atípico dentro de la distribución de los datos; además, existe una mayor dispersión de los datos en los resultados correspondientes a la microcuenca (de 0 a 0,41 mg/L). En la microcuenca y la subcuenca, los mayores niveles de Pb se detectaron en agosto; en contraste, el embalse presentó valores más elevados en octubre (figura 3).

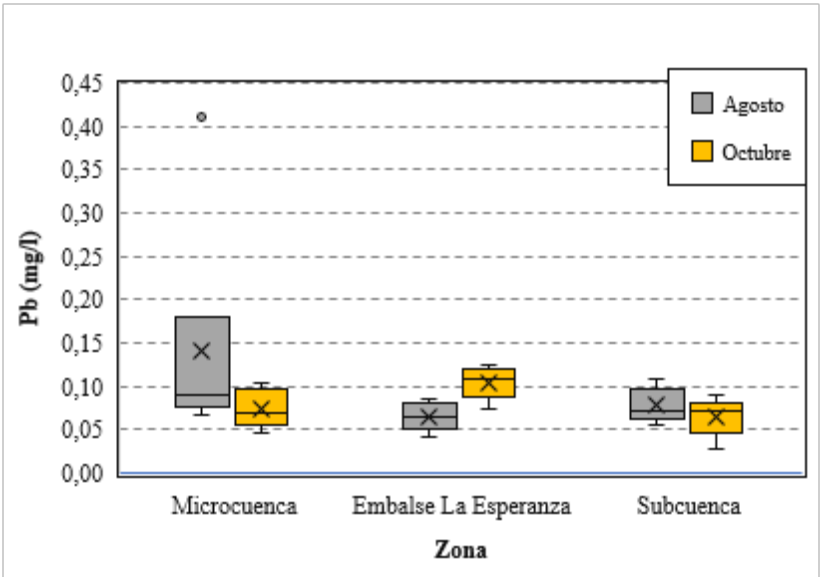

Fig. 3.–Niveles de Pb en el agua superficial de las zonas de monitoreo.

Al aplicar el ANOVA, se encontró que no existen diferencias significativas entre zonas con una significancia de 0,248 (tabla 2), ni tampoco entre los meses de monitoreo con valor de 0,385 (tabla 3); siendo la significancia de las zonas menor a la de los meses de monitoreo.

Tabla 2. Resultados del ANOVA aplicado a las zonas de monitoreo.

Pb en agua superficial	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,009	2	0,005	1,447	0,248
Dentro de grupos	0,117	37	0,003		
Total	0,126	39			

Tabla 3. Resultados del ANOVA aplicado a las épocas de monitoreo.

Pb en agua superficial	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,003	1	0,003	0,771	0,385
Dentro de grupos	0,124	38	0,003		
Total	0,126	39			

Acorde a los establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), la concentración de plomo en agua para consumo humano es de 0,01 mg/L; resultando evidente

que, en la mayoría de los puntos monitoreados, este metal sobrepasa el límite en mención; exceptuando M0 (La Azucena) donde no se detectaron niveles de este metal. A nivel nacional, varios estudios han determinado los niveles de Pb en aguas superficiales, en el río Chone se encontró hasta 0,01 mg/L de Pb (Vinueza et al., 2021). En el estero Salado, se ha reportado un valor de Pb que alcanza los 0,024 mg/L atribuyendo esta contaminación a la presencia de fábricas de plástico, pintura, baterías, textiles y metalmecánicas en sus riberas, así como a la descarga de agua residuales sin tratamiento previo (Pernía et al., 2018). Cabe señalar que, el Pb es catalogado como posiblemente cancerígeno y causa efectos neurotóxicos adversos (Cipriani et al., 2020).

En cuanto al Cd y al Cu (límite de detección igual a 0,2 ug/L), no se encontraron niveles detectables en ninguno de los puntos de monitoreo. Dado que la presencia de estos metales en agua superficial se atribuye a actividades de fontanería y accesorios industriales (Cipriani et al., 2020).

Los resultados de los análisis en sedimentos, revelaron que en M5 (puente Carrizal) y en E4 (Membrillo) hubo una concentración de 0,013 mg/kg de Pb, mientras que, en E5 (embalse La Esperanza) se detectaron 0,03 mg/kg del metal en mención, en los demás puntos de monitoreo no se detectaron niveles de Pb. En el estuario del río Chone, se encontró una concentración máxima de Pb igual a 2,35 mg/kg (Pozo, 2017). Por otra parte, en sedimentos del estero Salado se ha establecido una media de 3,87 mg/kg de Pb, con una biodisponibilidad de 77,41% reflejando un alto nivel de contaminación por Pb (Pernía et al., 2018).

Para el Cd en sedimentos, todos los puntos de muestreo obtuvieron valores inferiores a 0,15 mg/kg; estos resultados son bajos comparados con los 3,35 mg/kg de Cd determinados en sedimentos del estuario del río Chone (Pozo, 2017). No obstante, los resultados de esta investigación, presentan similitud a los 0,13 mg/kg de Cd reportados en sedimentos del estero Salado (Pernía et al., 2018), quienes recalcan que el Cd, aún en bajas concentraciones, afecta negativamente a la ictiofauna, la flora y los seres humanos.

Los niveles de Cu en sedimentos fueron menores a 0,05 mg/kg en toda la zona de estudio, por lo cual, se descarta contaminación por este metal en el río Carrizal. En contraste, en el estero Salado, se han reportado 18,40 mg/kg de Cu atribuyéndose estos niveles a actividades de acuicultura, bebidas, preparación y almacenamiento de alimentos (Fernández et al., 2014).

Al analizar el nivel de Pb en tejidos de las especies ictícolas seleccionadas, se encontró que San Bartolo es el punto con mayor contenido de Pb en el tejido de los peces (0,181 mg/kg en branquias de Hoplias microlepis), además, las especies recolectadas en los puntos: La Esperanza, Quiroga, Barranco Colorado, Sarampión, Mata Palo, Los Almendros, La Karina y Limón también revelaron un elevado contenido de Pb en sus tejidos con una amplia distribución de las concentraciones, con excepción de los valores detectados en Sarampión (figura 4). Estos valores, se encuentran por debajo del límite establecido en el Codex Alimentarius que es de 0,3 mg/kg de Pb en peso húmedo de peces (Zuluaga et al., 2015).

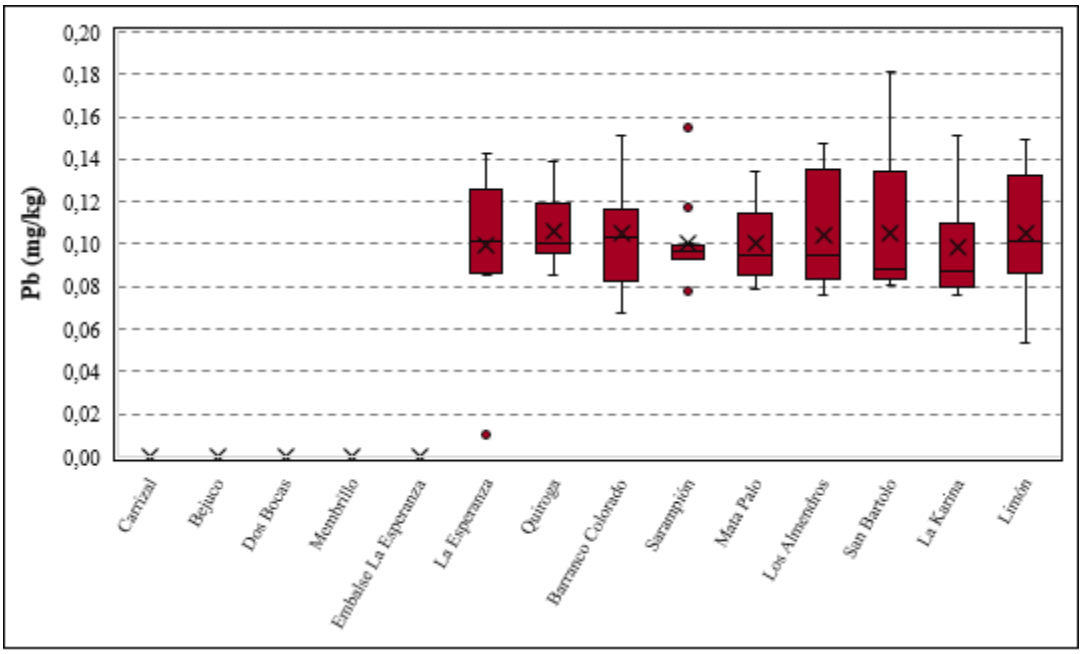

Fig. 4. –Distribución de los niveles de Pb encontrados en las especies ictícolas bajo estudio.

Al analizar las concentraciones por especies, en Oreochromis niloticus no se detectaron niveles de Pb; no obstante, Hoplias microlepis y Aequidens rivulatus mostraron Pb en los tejidos analizados (músculo, hígado y branquias). Para Hoplias microlepis los tenores más elevados se presentaron en octubre; mientras que, en Aequidens rivulatus hubo una distribución de datos bastante similar en ambos meses de monitoreo (figura 5).

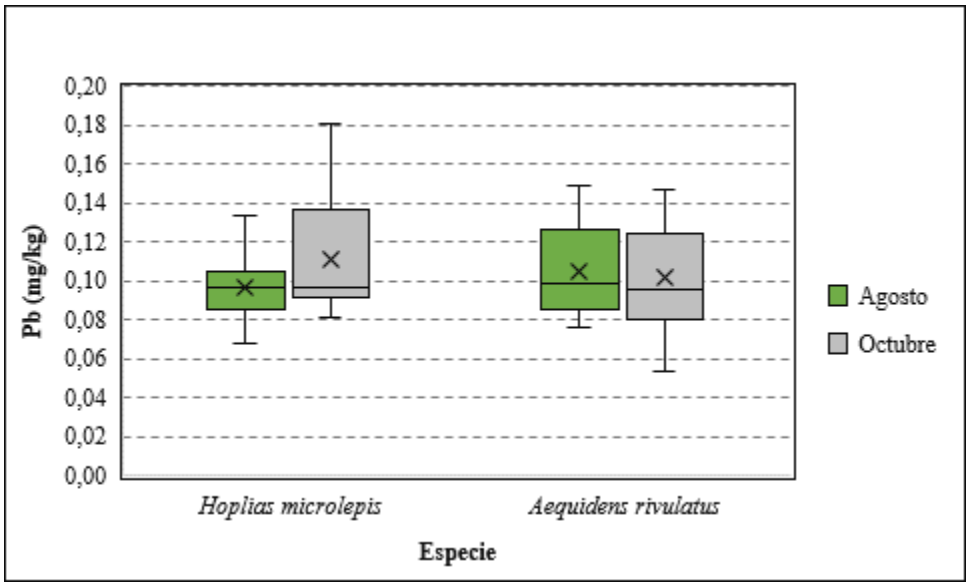

Fig. 5. – Concentración de Pb en tejidos según las épocas de muestreo.

Referente a los tejidos, el Hoplias microlepis mostró mayores niveles de Pb en branquias; y, el Aequidens rivulatus acumuló más cantidad de Pb (0,149 mg/kg) en músculo (figura 6). Existen escasas referencias sobre niveles de Pb en tejidos de Hoplias microlepis; pero se ha descrito que, al ser una especie bentónica, es capaz de filtrar metales pesados (incluyendo Pb) mediante sus branquias, convirtiéndolas en depósitos de estos contaminantes (Aguirre et al., 2021). En el caso de Aequidens rivulatus, la acumulación de metales pesados en sus

músculos se atribuye a su alimentación omnívora; además, en ambas especies se ha determinado que el contenido de metales pesados es directamente proporcional al tamaño del individuo (Aveiga et al., 2020).

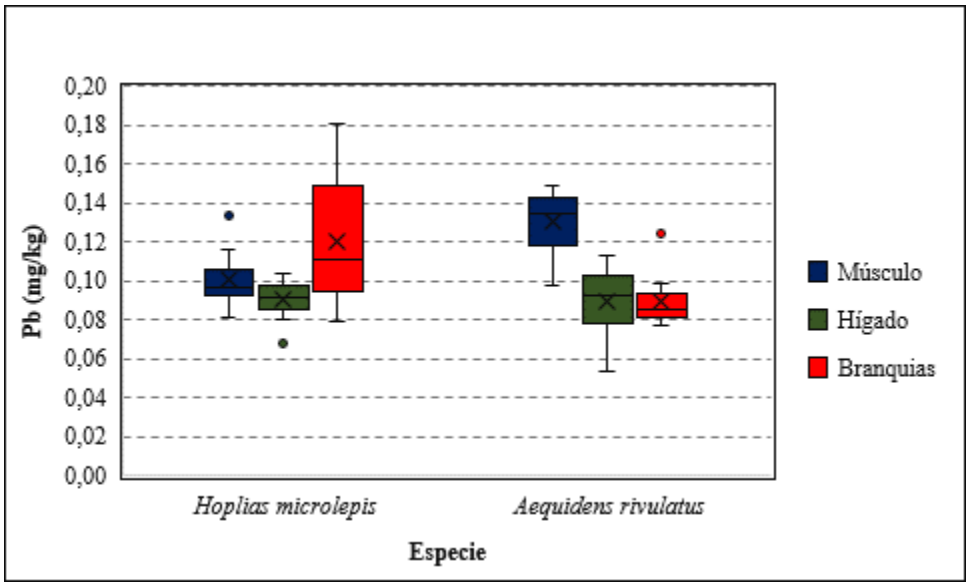

Fig. 6. – Concentración de Pb en tejidos de las 2 especies nativas.

No se detectaron niveles de Cd o Cu en los tejidos de las especies ictícolas analizadas. Por tanto, se evidencia que en el río Carrizal existen niveles de Pb en agua superficial, sedimento y peces, niveles que, a pesar de ser bajos, indican una fuente potencial de riesgo para los ecosistemas del área en estudio; dado que la contaminación por Pb provoca malformaciones y pérdida de la estructura mineral ósea en peces y, al biomagnificarse, podría afectar la salud de los humanos (Pernía et al., 2019).

Conclusiones

En conclusión, este estudio reveló que el nivel de Pb en el agua superficial del río Carrizal supera ampliamente el límite establecido por la OMS; mientras que no se detectaron niveles de Cd y Cu que superen los valores indicados en la normativa. El sedimento del embalse La Esperanza presentó el mayor contenido de Pb (0,03 mg/kg), encontrándose bajas cantidades de Pb únicamente en tres puntos de muestreo. En cuanto a peces, la especie introducida Oreochromis niloticus no presentó niveles de ninguno de los metales pesados analizados. Sin embargo, Hoplias microlepis mostró tenores de hasta 0,181 mg/kg de Pb en branquias; mientras que en músculo de Aequidens rivulatus se detectaron hasta 0,149 mg/kg de Pb. Las especies ictícolas examinadas no mostraron niveles detectables de Cd o Cu, por tanto, se evidencia una distribución y posible biomagnificación de Pb en el río Carrizal. Estos hallazgos resaltan la importancia de realizar un análisis espacial en la zona de estudio para evaluar los efectos de la presencia de metales pesados en esta área. Finalmente, también se deben analizar las diferentes fuentes puntuales y difusas de contaminación en cada cauce, así como su impacto en la salud pública.

Referencias

1.Aguirre W. Alvarez G. Anaguano F. Burgos R. Cucalón R. Escobar D. Jácome I. Jiménez P. Laaz E. Miranda K. Navarrete R. Nugra F. Revelo W. Rivadeneira J. Valdiviezo J. and Zárate E. (2021). "Conservation threats and future prospects for the freshwater fishes of Ecuador: A hotspot of Neotropical fish diversity". Journal of Fish Biology 99(4); 1158–1189. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8518725/, ISSN:1095-8649, Reino Unido.

2.Aveiga A. Cárdenas, F. Peñarrieta F. y Alcántara F. (2020). "Bioacumulación de mercurio y zinc en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador". Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad 3(2); 49-66. https://ambiente-sustentabilidad.org/index.php/revista/article/view/100/130. ISSN: 2697-3529, Ecuador.

3.Borja P. Ochoa V. Morales G. Quilumbaqui C. Tejera E. and Machado A. (2020). "Determination of the Microbial and Chemical Loads in Rivers from the Quito Capital Province of Ecuador (Pichincha)—A Preliminary Analysis of Microbial and Chemical Quality of the Main Rivers". International Journal of Environmental Research and Public Health 17(14). https://www.mdpi.com/1660-4601/17/14/5048/htm. ISSN: 1660-4601, Italia.

4.Chandabadani C. and Kanchan R. (2015). "Grain size distribution and its relation to the geochemical parameters in the chemical and petrochemical complex of Vadodara District of Gujarat, India". Environmental science and engineering 4(7); 7-16. ISSN: 1863-5520, Alemania.

5.Cipriani I. Molinero J. Jara E. Barrado M. Arcos C. Mafla S. Custode F. Vilaña G. Carpintero N. and Ochoa V. (2020). "Heavy metal assessment in drinking waters of Ecuador: Quito, Ibarra and Guayaquil". Applied Water Science 18(6); 1050–1064. https://iwaponline.com/jwh/article/18/6/1050/77704/Heavy-metal-assessment-in-drinking-waters-of. ISSN: 2190-5495, Alemania.

6.Copaja S. and Muñoz F. (2018). "Heavy metals concentration in sediment of Lluta river basin". Journal of the Chilean Chemical Society 63(1); 3878-3883. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072018000103878&lang=pt. ISSN: 0717-9707, Chile.

7.Fernández J. Andrade S. Silva C. and De la Iglesia R. (2014). "Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America". Marine Pollution Bulletin 82(1-2); 221–226. doi:10.1016/j.marpolbul.2014.03.0. Guide for authors - Marine Pollution Bulletin - ISSN 0025-326X, Reino Unido.

8.Hussain J. Husain I. Arif M. and Gupta N. (2017). "Studies on heavy metal contamination in Godavar river basin". Applied Water Science 7; 4539–4548. https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-017-0607-4#citeas. ISSN: 2190-5495, Alemania

9.Laxmi V. Naz A. and Kumar B. (2019): "Distribution of heavy metals in the water, sediments, and fishes from Damodar river basin at steel city, India: a probabilistic risk assessment". Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. DOI: 10.1080/10807039.2018.1511968. ISSN: 1549-7860, Estados Unidos.

10.Luo P. Chengyi X. Shuxin K. Huo A. Jiqiang L. Zhou M. and Nover D. (2021). "Heavy metals in water and surface sediments of the Fenghe River Basin, China: assessment and source analysis". Water Science & Technology 84; 3072–3090. https://iwaponline.com/wst/article/84/10-11/3072/83688/Heavy-metals-in-water-and-surface-sediments-of-the. ISSN: 1996-9732, Reino Unido.

11.Moreira L. y Ortega C. (2021). "Análisis jerárquico aplicado a la determinación de la fragilidad ambiental de la subcuenca del Río Carrizal". Polo del Conocimiento 6(3); 15-39. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/2349/4763. ISSN: 2550-682X, Ecuador.

12.Murgueitio E. Cumbal L. Abril M. Izquierdo A. Debut A. and Tinoco O. (2018). "Green synthesis of iron nanoparticles: application on the removal of petroleum oil from contaminated water and soils". Journal of Nanotechnology. https://www.hindawi.com/journals/jnt/2018/4184769/. ISSN: 2692-630X, Estados Unidos.

13.OMS (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, extraído de: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1

14.Pernía B. Mero M. Cornejo X. Ramírez N. Ramírez L. Bravo K. López D. Muñoz J. y Zambrano J. (2018). "Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador". Enfoque UTE 9(2); 89–105. http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v9n2/art009.html. e-ISSN: 1390-6542, Ecuador.

15.Pernía B. Mero M. Cornejo X. y Zambrano J. (2019). Impactos de la contaminación sobre los manglares de Ecuador. ESACC, Ecuador, extraído de: http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcnBldGE6J2VzY3JpdG8nLCB1dWlkOic4YjJkN2IzOC04NTU3LTQ4MTctODQ0NS0zMmM1NzJiMmJkZmIucGRmJ30=. en diciembre 2021.

16.Pozo F. (2017). "Presencia de metales pesados cadmio y plomo en el estuario del río Chone Manabí, Ecuador". Revista Ciencia UNEMI 10(24). 123-130. http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/565/432. ISSN-e: 1390-4272, Ecuador.

17.Priyanka G. (2020). "Application of SPSS Programme in the Field of Social Science Research". International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) 8(5). 2424-2427. https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i5/D9260118419.pdf. ISSN: 2277-3878, India.

18.UNE-EN ISO 5667-3:2019. (2019). "Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Conservación y manipulación de las muestras de agua. (ISO 5667-3:2018)", Departamento De Redacción Aenor, ISBN 9786300002051, Madrird, España.

19.Vinueza D. Ochoa V. Maurice L. Tamayo E. Mejía L. Tejera E. and Machado A. (2021). "Determining the microbial and chemical contamination in Ecuador's main rivers". Nature

Scientific Reports 11, 17640. https://www.nature.com/articles/s41598-021-96926-z#citeas. ISSN: 2045-2322, Reino Unido.

20.Wang S. Zhang C. Zhan Y. Zhang Y. Lou T. and Xue F. (2020). "Evaluation of ecological risk of heavy metals in watershed soils in the Daxia River Basin". AIP Advances 10. https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0004869. ISSN 2158-3226, Estados Unidos.

21. Zuluaga J. Gallego S. and Ramírez C. (2015). "Content of Hg, Cd, Pb and As in fish species: a review". Vitae 22(2); 148-149. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042015000200009#:~:text=Due%20to%20health%20consequences%20of,of%20wet%20weight%20(63). ISSN: 2145-2660, Colombia.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.