

## Mercurio y plomo en Latinoamérica: la fauna como pieza clave en el biomonitoreo ambiental

*Mercury and lead in Latin America: wildlife as a key component of environmental biomonitoring*

**Ana Paula Rosero Jácome<sup>1</sup>, Eliza Jara Negrete<sup>2</sup>**

*1 Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Ambientales, Escuela de Química, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. <https://orcid.org/0009-0006-7651-7665>*

*2 Grupo de Investigación en Ecología Microbiana y Microbiología Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-7743-1026>*

**Autor de correspondencia:** [aproseroj@puce.edu.ec](mailto:aproseroj@puce.edu.ec)

**DOI:** <https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bycg.e2>

### Resumen

Los metales pesados como plomo (Pb) y mercurio (Hg) representan una amenaza para los ecosistemas debido a su toxicidad, persistencia y bioacumulación. Su detección directa resulta limitada por bajas concentraciones y alta variabilidad ambiental, lo que resalta el valor de los bioindicadores como herramienta para un monitoreo indirecto y continuo. Este trabajo revisó el uso de abejas, peces, aves y murciélagos como biomonitores de Pb y Hg en América Latina. Se recopilieron estudios que reportan concentraciones en matrices biológicas (músculo, hígado, sangre y plumas), analizadas mediante técnicas instrumentales como AAS, ICP-MS, ICP-OES y HPLC-MS. Los resultados evidencian niveles que superan normas internacionales y la ausencia de regulación en tejidos específicos. Se concluyó que estas especies son bioindicadores eficaces y que la ampliación legislativa es necesaria para fortalecer la gestión ambiental y sanitaria.

Palabras clave: América Latina; Bioindicadores; Mercurio; Plomo.

### Abstract

Heavy metals such as lead (Pb) and mercury (Hg) pose a threat to ecosystems due to their toxicity, persistence, and bioaccumulation. Their direct detection is limited by low concentrations and high environmental variability, highlighting the value of bioindicators as a tool for indirect and continuous monitoring. This study reviewed the use of bees, fish, birds, and bats as biomonitors of Pb and Hg in Latin America. Research reporting concentrations in biological matrices (muscle, liver, blood, and feathers) was compiled, analyzed using

instrumental techniques such as AAS, ICP-MS, ICP-OES, and HPLC-MS. The results reveal levels exceeding international standards and the absence of regulation for specific tissues. It was concluded that these species are effective bioindicators and that legislative expansion is necessary to strengthen environmental and public health management.

Keywords: Latin America; Bioindicators; Mercury; Lead.

## Introducción

Sudamérica es una región que goza de una inmensa variedad de flora, fauna y recursos ambientales que siempre han estado en la mirada de todo el mundo. La fragmentación de Gondwana condujo al aislamiento y la evolución independiente de las especies sudamericanas. Esta separación histórica permitió trayectorias evolutivas únicas, lo que dio como resultado una gran diversidad filogenética (Qian et al., 2023). Además, cuenta con una amplia variedad de hábitats, desde selvas tropicales hasta regiones andinas de gran altitud; cada bioma sustenta especies únicas adaptadas a condiciones ambientales específicas, lo que contribuye a la biodiversidad general (Silva & Pereira, 2023). Su importante actividad tectónica y volcánica influye en la distribución y concentración de metales pesados. Las unidades tectónicas y los cinturones metalogénicos del continente son ricos en diversos minerales, incluidos metales pesados (Zhang et al., 2017). Lamentablemente, actividades antropogénicas como la minería e industrialización han concentrado la presencia de metales pesados como el mercurio y el plomo, los cuales por sus efectos negativos en los seres vivos son una problemática ambiental y gubernamental hoy en día.

La acumulación de metales pesados plantea importantes riesgos ecológicos, como la reducción de la fertilidad del suelo y del rendimiento de los cultivos. Esta contaminación también puede provocar bioacumulación en la cadena alimentaria, lo que supone riesgos para la salud de los seres humanos y los animales (Naorem et al., 2022). Es por esta razón que su análisis es de gran importancia hoy en día. Previo a su cuantificación, estos metales poseen varias vías de muestreo, pudiendo ser en suelos, agua, y matrices biológicas como sangre, orina, saliva, cabello y uñas (Amador et al., 2015). Sin embargo, se han realizado estudios donde la cuantificación de varios metales, entre ellos el plomo y el mercurio, se realiza en especies animales, ya que pueden acumular contaminantes en sus tejidos, lo que los convierte en indicadores eficaces de contaminación ambiental (Iyiola et al., 2024). Karaouzas et al. (2020) mencionan que la presencia de metales pesados en sedimentos y cuerpos de agua puede provocar bioacumulación en organismos acuáticos, lo que afecta la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Además, comprender las fuentes de contaminación por metales pesados, ya sean naturales o antropogénicas, es fundamental para una gestión ambiental eficaz. (Khodadadi et al., 2013). Por lo tanto, la selección de la técnica analítica más adecuada para su determinación se ha convertido en un tema de gran interés en la seguridad alimentaria,

ambiental y de la salud humana (Inobeme et al., 2023).

De acuerdo con Rashed (2015) el conocimiento adquirido a partir de estudios de biomonitorio puede respaldar el desarrollo de regulaciones y políticas ambientales destinadas a reducir la contaminación por metales pesados y proteger la salud pública. No obstante, a pesar de que en algunas partes de Sudamérica la naturaleza sea un sujeto de derechos, el control y regulación aún se muestran insuficientes, esto deriva en una rápida degradación de nuestros recursos naturales. La información sobre las concentraciones de metales pesados en los animales se puede utilizar para evaluar la idoneidad de los ecosistemas para las actividades humanas y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos de exposición. Es así como esta investigación pretende hacer un análisis exhaustivo de las especies animales que han sido usadas para el biomonitorio de mercurio y plomo en Sudamérica y evaluar su utilidad en la cuantificación de estos metales.

## Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, abarcando el periodo 2009–2025. Se emplearon palabras clave en inglés y español relacionadas con plomo, mercurio, bioindicadores y Latinoamérica. Se incluyeron únicamente artículos con datos cuantitativos de Pb y/o Hg en murciélagos, aves, peces o abejas, realizados en países de la región y publicados en revistas arbitradas. Se excluyeron revisiones secundarias, estudios fuera de Latinoamérica y reportes sin información analítica detallada. La información recopilada se organizó por taxón, país, matriz y técnica instrumental, y posteriormente se sintetizó en tablas comparativas y discutió en función de patrones de acumulación, sensibilidad de especies y vacíos de investigación.

## Resultados y discusión

### Abejas

Las abejas (*Apis mellifera*) se estudiaron principalmente en matrices como miel, polen, cera y el cuerpo entero. En Argentina, se reportaron concentraciones de Pb que oscilaron entre 0.02 y 5.80 mg/kg en el cuerpo de las abejas (Cecchi et al., 2023). En México, valores de Pb en tejido corporal variaron de 0.40 a 2.38 mg/kg mediante análisis por ICP-OES (Montiel et al., 2020). En Brasil, se detectaron niveles muy bajos de Hg en miel, lo cual confirma su utilidad como indicador sensible de contaminación difusa. En general, las abejas demostraron ser bioindicadores efectivos por su contacto directo con aire, agua y plantas, aunque persiste la limitación de que la mayoría de los países de la región carecen de normativas específicas para establecer límites de Pb y Hg en miel y derivados apícolas.

### Murciélagos

El análisis en murciélagos es todavía escaso y geográficamente restringido. En Ecuador, se reportaron niveles de Pb de 17.45 mg/kg en *Glossophaga soricina* y de 10.98 mg/kg en *Carollia brevicauda* (Baquerizo & Salas, 2016). En Perú, estudios con *Carollia sp.* encontraron concentraciones hepáticas de Pb entre 0 y 15.15 mg/kg (Williams et al., 2019). Estos valores muestran bioacumulación significativa en especies que cumplen funciones ecológicas claves como la polinización y dispersión de semillas. Sin embargo, el número reducido de publicaciones y la falta de cobertura en países megadiversos como Colombia o Brasil limitan la extrapolación de resultados.

#### Peces

Los peces constituyen el grupo con mayor número de estudios, dado su valor comercial y alimenticio. Es importante considerar que las vísceras y los huesos de los peces también se utilizan en la elaboración de otros productos, como alimentos balanceados para animales. Si no se establecen límites claros para este tipo de matrices, se corre el riesgo de permitir que la contaminación por metales pesados continúe ingresando de forma indirecta en la cadena alimentaria.

#### Aves

En aves, la mayoría de los trabajos utilizaron plumas, hígado y músculo como matrices de análisis ya que la absorción de metales se ve influenciada por la edad del animal, las reservas de hierro, el ambiente químico del lumen y los componentes en la dieta como citrato de sodio y vitamina D, los cuales incrementan su absorción y solubilidad (Mateus-Anzola et al., 2019). De esta forma, los metales al ser lipofílicos tienden a acumularse en esos órganos. Estas especies reflejan tanto la contaminación de ecosistemas acuáticos como marino-costeros, y confirman la utilidad de las aves como biomonitores efectivos debido a su amplia distribución, movilidad y posición en redes tróficas superiores.

#### Comparación transversal

La comparación entre grupos revela que peces y aves concentran la mayor parte de las investigaciones y cuentan con datos robustos que permiten identificar patrones de bioacumulación y riesgo. En contraste, los murciélagos y las abejas presentan un potencial alto pero aún poco explorado en la región. En todos los grupos estudiados se identificaron concentraciones de Pb y Hg que, en varios casos, superan límites regulatorios nacionales e internacionales, lo cual evidencia la magnitud del problema en Latinoamérica y subraya la necesidad urgente de fortalecer los programas de biomonitorio. Las técnicas instrumentales empleadas con mayor frecuencia fueron la espectrofotometría de absorción atómica (AAS), tanto en llama como en horno de grafito, la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y la espectrometría de emisión óptica con plasma

acoplado inductivamente (ICP-OES), lo que refleja un avance hacia métodos de mayor sensibilidad y precisión.

## Conclusiones

Cada grupo de bioindicadores presenta acumulaciones diferenciadas según su hábitat, dieta, nivel trófico y características fisiológicas, lo cual proporciona información ambiental complementaria.

Se observaron niveles elevados de Hg en plumas de aves y músculo de peces predadores, así como altos niveles de Pb en el pelaje y tejidos óseos de murciélagos expuestos a zonas urbanas o mineras. Además, se encontraron diferencias de concentración entre el cuerpo y productos derivados de las abejas como la miel, debido a la presencia de metalotioneínas. Por ende, las especies evaluadas demostraron eficacia diferencial como bioindicadores, por lo que se deben elegir especies biomonitoras según el tipo de ecosistema y contaminante objetivo.

Las técnicas ICP-MS y LC-MS ofrecen la mayor sensibilidad para detectar metales en matrices biológicas complejas, permitiendo incluso estudios de especiación. Sin embargo, su aplicación está limitada por el costo y la infraestructura. En contraste, FAAS y GF-AAS, aunque menos sensibles, siguen siendo ampliamente utilizadas por su accesibilidad en contextos latinoamericanos.

Se evidenció una falta de normativas para matrices no convencionales como plumas, polen, cera o vísceras, a pesar de que muchas presentan niveles alarmantes de contaminantes. Esto limita la aplicación de los resultados en políticas ambientales. Es necesario promover una actualización normativa que considere otras matrices y especies bioindicadoras.

## Referencias bibliográficas

- Baquerizo, M., & Salas, J. A. (2021). Cuantificación de Plomo (Pb) en tejidos blandos y óseo de murciélagos (*Mammalia: Chiroptera*) provenientes de zonas de influencia Urbana en la costa occidental de Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 560–569. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1982585>
- Cecchi, M., Basso, M., Cantatore, D., Moliné, M. de la P., Fernández, N., Domínguez, E., Churio, S., & Gende, L. B. (2023). Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) como biomonitores de contaminación ambiental mediada por metales pesados. *EUNK Revista Científica De Abejas Y Apicultores*, 2(1), 3–12. <https://doi.org/10.52559/eunk.v2i1.31>
- Mateus-Anzola, J. P., Arias-Bernal, L., & Vargas-Melo, B. A. (2019). Concentraciones basales de plomo en sangre de catártidos en cautiverio. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(37), 57-63. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss37.7>

Montiel, J., Marmolejo, Y., Castellanos, I., Pérez, F., Prieto, F., Gaytán, J., et al. (2020). Niveles de cadmio, cromo y plomo en abejas (*Apis mellifera*) y sus productos en Hidalgo, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7, 57-68. <https://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3900105.pdf>

Rashed, M. (2015). Biomonitoring and bioindicators for environmental pollution with heavy metals. *Advances in Environmental Research*, 43, p. 25-56. ISBN 978-163483006-5, 978-163482969-4

Williams, M., Ramos, D., Butrón, A., Gonzales-Zúñiga, S., Ortiz, N., & La Torre, B. (2010). Concentraciones de metales pesados en murciélagos del lodge «Cock of the Rocks» y alrededores, Kosñipata, Cuzco, Perú. *Ecología Aplicada*, 9(2),133-139 ISSN: 1726-2216. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34116957008>