

## BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS POR *Mytella strigata* EN LA RESERVA MANGLARES EL SALADO DE GUAYAQUIL

Bioaccumulation of heavy metals by *Mytella strigata* in the  
El Salado de Guayaquil Mangrove Refuge

Alfonso Kuffó<sup>1</sup>, Bella Crespo-Moncada<sup>1</sup> y John Molina-Villamar<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación  
Técnica para el Desarrollo, Código Postal: 09-01-4671. <sup>2</sup>Universidad Agraria de  
Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Ambiental, Código  
Postal: 090107. \*biología\_molina@hotmail.com

### RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivos evaluar e identificar la presencia de metales pesados: Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (Pb), que afectan los cambios físicos, químicos y biológicos en la columna de agua en cinco puntos de la Zona Urbano-Marginal del Estero Salado de Guayaquil, que forma parte de la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado (RPFMSG) que integra el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), para determinar la bioacumulación de estos elementos en el contenido visceral de la especie de mejillón *Mytella strigata* que habita de forma natural en el cuerpo de agua salobre. Los muestreos y análisis de laboratorio se realizaron durante el año 2012. La cuantificación de metales pesados en agua y organismos se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se identificó presencia de todos los elementos contaminantes (Cd, Cr y Pb), tanto en el agua como en los mejillones de la RPFMSG. Las concentraciones de Cd y Pb sobrepasaban los criterios de calidad establecidos en el momento de la realización del estudio por el Ministerio del Ambiente de Ecuador. Se pudo determinar la relación entre el medio acuático y la fauna presente en el mismo; además los datos sugieren una bioacumulación y que las concentraciones de estos tres metales pesados están en aumento en el sistema.

**Palabras clave:** bioacumulación, Guayaquil, espectrofotometría, *Mytella strigata*.

**Keywords:** bioaccumulation, Guayaquil, spectrophotometry, *Mytella strigata*.

### INTRODUCCIÓN

La RPFMSG forma parte del Golfo de Guayaquil, se encuentra ubicado en la parte sureste de la República del Ecuador (Alcivar y Mosquera, 2011). La circulación de su masa de agua, se ve influenciada por el aporte de las descargas de los ríos, corrientes de mareas y por la acción de los vientos (CAAM, 1996). A pesar de la importancia económica, social y ecosistémica, la RPFMSG ha sufrido alteraciones físicas, químicas y biológicas desde hace más de tres décadas (Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil [EMAG], 1978), debido a las presiones generadas por las actividades humanas, como crecimiento poblacional desmesurado, deforestación del manglar y demás árboles, falta de manejo de desechos sólidos y descargas de aguas residuales de uso doméstico e industriales no tratadas, han conducido a un alarmante nivel de contaminación, caracterizada por el mal olor de sus aguas, un color negruzco y la falta de oxígeno disuelto, además de la descomposición orgánica y de un pH ácido,

que repercute sobre la existencia de vida superior en sus aguas (Mero, 2010; PIRES, 2000). Los metales pesados son contaminantes ambientales que afectan las características físicas, químicas y biológicas del ambiente, y los cuales se acumulan en especies marinas como mejillones (Akkaya, 2025). El presente estudio tuvo como fin determinar de la presencia de metales pesados: Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (Pb), en la columna de agua y en el mejillón *Mytella strigata*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en los espacios del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, desde el puente 5 de junio (coordenadas: 079 53'54.48" W y 02 11' 11.47" S) hasta el puente de la calle 17 (coordenadas: 079 54' 42.30" W y 02 11' 23.47" S) en 5 puntos que son: Punto 1: puente 5 de Junio; Punto 2: puente El Velero; Punto 3: redondel de la Ciudadela La Ferroviaria; Punto 4: Club de Yates; Punto 5: puente de la Calle 17. Se realizaron dos campañas de muestreos (3 y 17 de enero de 2012) y en cada uno de ellos se recolectaron 20 muestras de agua a dos profundidades: 10 a nivel de la superficie (0,0 m, superficie) y 10 a 1,0 m de profundidad, siguiendo el procedimiento descrito por la Fundación Natura (2010). Las muestras de mejillones fueron recolectadas de bancos naturales de sedimentos de la RPFMSG; se realizaron tres campañas de muestreo en las que se recolectó 50 bivalvos en cada una, para un total de 150 muestras extraídas manualmente para ser colocados en fundas de polietileno.

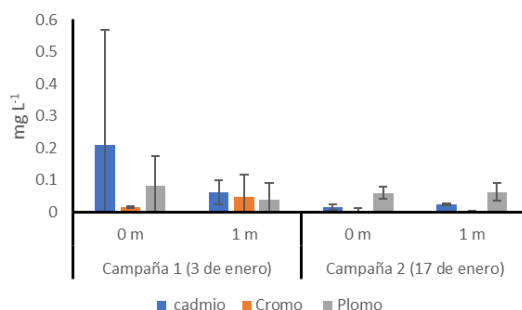
La cuantificación de metales pesados: Cd, Cr total y Pb en agua y organismos se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica en el laboratorio de Espectrofotometría del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN). La extracción de los metales fue realizada de acuerdo al método reportado por Solórzano (2007). Las muestras de mejillones se lavaron con agua destilada para eliminar restos de sedimento y demás elementos fijados en sus conchas; luego con equipo de disección se abrieron las valvas y se retiró la masa visceral que fue colocada en cápsulas de porcelana tapadas con un vidrio reloj, para realizar la digestión en frío de cada una de las muestras con tres ml de ácido nítrico concentrado durante 24 horas. Posteriormente al filtrado líquido, se les determinaron los elementos contaminantes presentes en la masa visceral.

Los resultados obtenidos de las muestras de agua se compararon con los Límites Máximos Permitidos (LMP) enmarcados en los criterios de calidad establecidos vigente para el año de los muestreos establecidas por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (s/f) (MAE), referido a los "*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios*". Para *Mytella strigata* no existe una norma que establezca LMP ya que no es de consumo humano (por su tamaño), sin embargo, esta especie es parte intermedia de la red trófica alimenticia acuícola.

Para determinar si los elementos contaminantes tienen una mayor, menor o similar concentración entre los puntos de muestreo se realizó un análisis descriptivo, se calculó la Desviación estándar y se analizó la relación de estos datos con  $R^2$  utilizando el Data Analysis de EXCEL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) de acuerdo a la normativa del MAE para el agua son: 0,005 mg/L para el Cd; 0,05 mg/L para el Cr total y 0,001 mg/L para el Pb. Se detectó que el Cd y Pb sobrepasaron los LMP tanto en muestras de agua superficial como a 1 m de profundidad. Se halló Cr con valores dentro de los LMP (Figura 1).



**Figura 1.** Concentración (mg/L) de cadmio, cromo y plomo en el agua a distintas profundidades durante las dos campañas de muestreo.

El análisis de la relación entre muestras de agua de superficie y 1 m de profundidad arrojó los resultados explicados en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Relación  $R^2$  entre el total de muestras de agua para cada elemento.

Parámetro	Fórmula	$R^2$
Cadmio (Cd)	$y = 1,1198x + 0,0058$	0,8144
Cromo Total (Cr)	$y = 0,6654x + 0,0013$	0,5595
Plomo (Pb)	$y = 0,4784x + 0,0169$	0,5308

Realizada la técnica de espectrofotometría a las muestras de masa visceral, se realizaron tres análisis a cada muestra para cada metal pesado y se determinó la presencia de Cd y Pb en la especie de estudio (Tabla 2).

**Tabla 2.** Concentraciones (mg/L) de Cd, Cr y Pb en masa visceral de *Mytella strigata*.

Parámetro (mg/L)	Concentración		
	Análisis 1	Análisis 2	Análisis 3
Cadmio (Cd)	0,3	0,2	0,3
Cromo Total (Cr-T)	0,0	0,0	0,0
Plomo (Pb)	0,43	0,03	0,17

Estos resultados sugieren una bioacumulación por parte de *Mytella strigata* de los elementos estudiados presentes en el agua y que superan los LMP (Cd y Pb), mientras que en las mismas muestras no se halló Cr-T en los tejidos analizados.

La presencia de elementos contaminantes (Cd, Cr y Pb), mediante el análisis de espectrofotometría ha sido un indicador recurrente en las muestras de agua y de moluscos (mejillones); aquí se determinó que el Cd y Pb sobrepasan los LMP establecidos por el MAE (s/f) para la fecha de muestreo, y en referentes como el trabajo de Mero (2010) en la RPFMSG, quien identificó que estos mismos elementos se encuentran presentes en sedimentos y en organismos acuáticos. Asimismo, Alcívar y Mosquera (2011), encontraron que estos elementos sobrepasaron los LMP en la norma del país. Santoro (1997) indicó que estos contaminantes bajan los niveles de oxígeno disuelto por descomposición orgánica y, como se menciona en el Plan Integral de Recuperación del Estero Salado PIRES (2000), los elementos contaminantes cambian el pH de los cuerpos de agua causando migraciones e incluso pérdida de fauna. El nivel más alto de Cd en el agua fue 0,115 mg/L, a 1 m de profundidad; Alcívar y Mosquera (2011) en sitios cercanos a los del presente trabajo, encontraron una concentración promedio de Cd de 0,05 mg/L, y el valor más alto para muestras de agua superficial fue de 0,085 mg/L. Las concentraciones de Cr total en la columna de agua hasta 1 m de profundidad y en todos los puntos, no sobrepasaron el LMP de 0,05 mg/L, siendo el valor más alto 0,027 mg/L en el Punto 2 a nivel superficie. Comparando estos valores con otras investigaciones anteriores, los niveles de Cr han incrementado casi al doble en un lapso de no más de un año como lo demostraron Alcívar y Mosquera (2011) quienes reportaron concentraciones de 0,015 mg/L de Cr total.

El Pb algunos puntos sobrepasa el LMP, con el valor más alto de 0,208 mg/L en el agua recolectada a nivel de superficie en el punto 1, la cual fue superior a lo hallado por Alcívar y Mosquera (2011). La bioacumulación determinada por diversas investigaciones se presenta en varios organismos acuáticos, en especial en los moluscos bivalvos, como los mejillones, conchas, ostras y demás. Gil y col. (2006), mencionan que las especies del género *Mytillus* tienen esta característica de acumulación a través de su fisiología alimenticia, quienes encontraron bioacumulación de metales pesados en la zona costera de la Patagonia Argentina obteniendo valores de 85 mg/L. El presente estudio evidenció la presencia de Cd en el contenido visceral de los mejillones con máximos de 0,2 mg/L; Alcívar y Mosquera (2011) reportaron niveles más altos de Cd en la especie *Cerithidea valida* (caracol), con concentraciones de 3,5 mg/L; esta bioacumulación de Cd de *C. valida* puede deberse a que su ciclo de vida es más largo que el de *M. strigata*, o porque puede permanecer siempre cubiertos por el agua, ya que desarrolla su vida en los fondos de los cuerpos de agua. El valor más alto de Pb encontrado en la masa visceral de los mejillones *M. strigata* fue de 3,10 mg/L; Mero (2010) en la especie mejillón encontró un valor de 5,17 mg/L en sectores cercanos a los del presente

estudio. Alcívar y Mosquera (2011) en *C. valida* hallaron una concentración de 41,08 mg/L. Realpe y col. (1999) encontraron también en los sectores más internos de los ramales de la RPFMSG, concentraciones de Pb con valores de 0,255 mg/L, con lo que se evidenció que el Pb ha estado presente en las especies de moluscos a lo largo del Estero Salado desde hace varias décadas y que su concentración ha ido incrementando en estos organismos con el tiempo.

## LITERATURA CITADA

- Akkaya E., K. Muratoglu, D. Tarhan, N. P. Ozsobaci, A. M. Ercan, H. Colak, H. Hampikyan, E. B. Bingol, M. E. Or, E. Andoni, E. Ozuni, M. Gobbi, L. Petrucci, F. Di Cesare, P. Cagnardi, G. Curone, C. M. Balzaretti, V. Giaccone y M. Castrica. 2025. Determination of heavy metal levels and assessment of *L. monocytogenes* and *Salmonella* spp. Presence in fishery products and mussels from the Marmara Region, Türkiye. *Toxics* 153(13).
- Alcívar, M. y J. Mosquera. 2011. Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el Estero Salado de Guayaquil. TEG de Biólogo. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 71 pp.
- Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil (EMAG). 1978. Recuperación del Estero Salado – Plan de Trabajo. Ecuador. Pp. 9 – 23.
- Fundación Natura. 2010. Guía para el Monitoreo de la Calidad de Agua de Corrientes Superficiales dirigida a Municipios Medianos y Pequeños del Ecuador. Quito 92 pp.
- Gil, M., A. Torres, M. Harvey y J. Esteves. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Biología Marina y Oceanografía* 41(2):167-176.
- Instituto Nacional De Pesca (INP). 1998. Comportamiento temporal y espacial de las características físicas químicas y biológicas del Golfo de Guayaquil y sus afluentes Daule y Babahoyo entre 1994 – 1996. Programa de Cooperación Técnica para la pesca Guayaquil – Ecuador pp. 21-23.
- Mero, M. (2010). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil. Previa obtención del Título de Magister en Ciencias. Universidad de Guayaquil. Biblioteca. Facultad de Ciencias Naturales y Medio Ambiente. 76 pp.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). (s/f.). Norma de calidad ambiental y descargas de efluentes: Recurso agua. [faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf](http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf).
- Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado (PIRES). 2000. Estudio de Prefactibilidad, Factibilidad y selección de la mejor alternativa. M. I. Municipalidad de Guayaquil – Lahmeyer Cimentaciones Consorcio alemán – ecuatoriano.
- Realpe, G., R. Rodríguez y C. Cañola. 1999. Factores contaminantes del Estero Salado tramo Puente de Urdesa – Puente del Policentro. Universidad de Guayaquil. Biblioteca. Facultad de Ciencias Naturales y Medio Ambiente. Ecuador. p 8.
- Santoro, J. 1997. Cría experimental del *Mytillus* (mejillones) en una zona del Sistema del Estero Salado y su potencial como indicador de la contaminación del área. Proyecto de Investigación Semilla. Sistema de Investigación y Desarrollo SINDE. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 70 pp
- Solórzano, L. 2007. Método de análisis químico utilizado en el curso latinoamericano de postgrado “Instrumentación y análisis químico de Agentes Contaminantes en el Mar, Instituto Nacional de Pesca, Boletín Científico y Técnico Vol. VII, N°1.