

Cuantificación de metales pesados en *Anadara tuberculosa* (Mollusca:bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica

Yadira, Collaguazo-Collaguazo^{1*}; Humberto, Ayala-Armijos²; Geanina, Machuca-Loja³

Resumen

La presencia de metales pesados en moluscos bivalvos implica un grave problema para la salud de los consumidores de este tipo de alimento. Por ello, el objetivo de la investigación fue determinar la presencia de metales pesados en *Anadara tuberculosa*, molusco de importancia comercial en Puerto Bolívar, Ecuador. El método utilizado para cuantificar la concentración de metales pesados fue la espectrofotometría de absorción atómica, se determinó la concentración de seis metales: Plomo (Pb), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Cobalto (Co). Los valores promedios obtenidos, expresados en mg.kg⁻¹ fueron: Pb (7,52 ± 0,46); As (1,55 ± 0,14); Hg (364,38 ± 91,39); Cd (1,68 ± 0,28); Cr (3,89 ± 1,82) y Co (2,71 ± 0,34 en *Anadara tuberculosa*. Los resultados muestran que el Pb, As, Cd, y Hg superan los límites máximos permisibles, el Mercurio supera en más de 100 veces el valor límite. La talla más pequeña (3-4 cm) del molusco en estudio posee la capacidad de bioacumular mayor concentración de Pb, Cd y Cr.

Palabras Clave: *A. tuberculosa*; metales trazas; moluscos bivalvos; bioacumulación.

Quantification of heavy metals in *Anadara tuberculosa* (Mollusca: bivalvia) from the Huaylá estuary of Puerto Bolívar, by atomic absorption spectrophotometry

Abstract

The presence of heavy metals in bivalve molluscs implies a serious problem for the consumers health of this type of food. Therefore, the objective of the present investigation was to determine the presence of heavy metals in *Anadara tuberculosa*, mollusc of commercial importance at Puerto Bolívar, Ecuador. Atomic absorption spectrophotometry was the method used to quantify the concentration of heavy metals. The concentration of six metals was determined: lead (Pb), arsenic (As), mercury (Hg), cadmium (Cd), chromium (Cr) and cobalt (Co). The average values obtained, expressed in mg.kg⁻¹ were: Pb (7.52 ± 0.46); As (1.55 ± 0.14); Hg (364.38 ± 91.39); Cd (1.68 ± 0.28); Cr (3.89 ± 1.82) and Co (2.71 ± 0.34 in *A. tuberculosa*. The results show that Pb, As, Cd, and Hg exceed the maximum permissible limits, mercury exceeds by more than 100 times the limit value. The smaller size (3-4 cm) studied mollusc, has the capacity to bioaccumulate higher concentration of Pb, Cd and Cr.

Keywords: *A. tuberculosa*; bioaccumulation; bivalve molluscs; trace metals.

Recibido: 28 de julio de 2016
Aceptado: 27 de agosto de 2017

¹ Egresada de la Carrera de Ingeniería en Alimentos; Universidad Técnica de Machala, Ecuador. yadiracollaguazo92@gmail.com orcid.org/0000-0003-0331-274X

² Ingeniero en Alimentos, Magíster en Procesamiento de Alimentos; Docente Investigador de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. jayala@utmachala.edu.ec

³ Bioquímica Farmacéutica, Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. gmachuca_est@utmachala.edu.ec

*Autor para la correspondencia: yadiracollaguazo92@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El estero Huaylá, está amenazado por las descargas de aguas servidas que recibe diariamente en sus riberas, además de las descargas de aguas negras del sur de Machala, Ecuador. La situación de este ecosistema preocupa, porque la contaminación va acabando con recursos marinos que sustentan la economía de decenas de familias (Diario El Universo, 2016).

La presencia de metales pesados en ecosistemas donde las concentraciones son superiores a los límites máximos permisibles, estipulados por los organismos de control, rompe el equilibrio ecológico y destruyen las especies animales y vegetales que habitan en estos cuerpos de agua. (Cabrini, *et al.*, 2017)

La contaminación de las aguas está definida, según la Ley Ecuatoriana de Recursos Hídricos, como la “Acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”.

Desde la antigüedad, de manera directa o indirecta, los caudales de agua, sean estos ríos, lagos, lagunas, esteros, son receptores de todo tipo de desechos. En un principio, estos eran capaces de soportar las cargas contaminantes gracias a su mecanismo de autodepuración, pero al incrementar la población la cantidad de desechos aumentó notablemente, quitando a los cursos fluviales esta capacidad, con las consiguientes alteraciones en la calidad de las aguas y sus efectos en la salud de la población (Rosas, 2001).

Ante el crecimiento de la población y la generación de mayor cantidad de desechos, el ser humano ha tratado de eliminar estos contaminantes, pero sus esfuerzos no han sido suficientes, lo que ha provocado muy a menudo la transformación de los cursos fluviales en depósitos de residuos, ocasionando perturbación en el equilibrio natural y en muchos casos totalmente roto (Rovira, 1993). Entre estos contaminantes se encuentran precursores químicos, vertimiento de aguas servidas, compuestos relacionados con actividades industriales, mineras, pesticidas, aceites, grasas, metales pesados. (Mero, 2010).

Se analizaron 70 muestras de Concha Prieta

(*Anadara tuberculosa*), obtenidas en el estero Huaylá, ubicado en la parroquia Puerto Bolívar del cantón Machala, Ecuador, con el fin de determinar la concentración de seis metales pesados: Plomo (Pb), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Cobalto (Co). Los valores promedios obtenidos fueron expresados en mg.kg⁻¹. El método utilizado para cuantificar la concentración de los metales en estudio fue la espectrofotometría de absorción atómica.

Además se realizó un análisis de estadística descriptiva en el programa Statistica 7.0, para calcular la media y desviación estándar, de las concentraciones de metales pesados encontradas en el molusco estudiado.

II. DESARROLLO

1. Metodología

El área de estudio se ubica en la costa Sur de Ecuador, provincia de El Oro. El Estero Huaylá, se encuentra al suroeste del cantón Machala (030 16' 03" S - 790 59' 39" W / N 9638600 E 610939). Tiene una longitud aproximada de 4,20 km, con un ancho que fluctúa entre un mínimo de 50 m y máximo 94 m; cuenta con una profundidad promedio de 10 m hasta la altura del Yatch Club y decrece gradualmente hasta 1,5 m aguas arriba en marea alta, a la altura del Muelle Comunitario Huaylá.

El Estero Huaylá nace en el barrio 8 de Noviembre de la ciudad de Machala, llega hasta el mar por la parte sur de la parroquia Puerto Bolívar. Desemboca en un estero más amplio y profundo, el estero Santa Rosa, que separa la parte continental del cantón Machala de la isla Jambelí, perteneciente al archipiélago del mismo nombre. El área adyacente al estero Huaylá está altamente intervenida. Constituye el límite natural sur de la expansión del área urbana de Puerto Bolívar y la ciudad de Machala (Espinoza, 2012).

En los muelles artesanales que se encuentran situados a lo largo del estero Huaylá pueden atracar embarcaciones de calado limitado, ya que hay un bajo de 2 m de profundidad visible en bajamar, este muelle se utiliza para las embarcaciones del servicio de cabotaje. (INOCAR, 2012). La pesca se ha vuelto incipiente en el canal de Jambelí y pone en riesgo el recurso turístico en sitios muy importantes de El Oro, como son Puerto Bolívar y la Isla de Jambelí.



Fotografía 1. Toma aérea del lugar de muestreo
Fuente: Google Earth, 2016.

Selección de la muestra

El mes de marzo del año 2016, en la parte media del estero Huaylá, a unos dos kilómetros de la desembocadura del estero Santa Rosa, se recolectaron muestras, de Concha Prieta (*Anadara tuberculosa* o *A. tuberculosa*). La muestra fue trasladada en un cooler o hielera a 10°C hasta el laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Preparación de las muestras

Las muestras frescas recolectadas se identificaron como *A. tuberculosa* (Sowerby, 1833), las mismas que fueron clasificadas por especies, y tallas (longitud de las valvas). Una vez homogenizadas se colocaron en fundas plásticas debidamente rotuladas, las mismas que fueron previamente lavadas con HNO₃ al 1%, para almacenar la muestra a 4°C hasta el momento del tratamiento.

Tratamiento de la muestra para determinar los metales pesados

Para el análisis de los diferentes metales se utilizó el método empleado por Pérez *et al.* (2007), en el que se pesó 5 g de muestra de los tejidos blandos,

y llevó a una estufa a 60 °C durante 72 horas o hasta alcanzar masa constante, luego de lo cual fue triturada en un mortero de porcelana. A 0,5 g de tejido seco se le agregó una mezcla 3:1 de ácido nítrico y perclórico para extraer los contenidos totales de los metales trazas, colocados sobre una plancha de calefacción y baño de arena a 70 °C durante dos horas, para luego dejarlo enfriar.

Posteriormente, todas las muestras fueron filtradas sobre papel filtro endurecido, sin ceniza, marca Whatman N° 542 de 11 cm de diámetro, el filtrado se llevó a aforo con agua desionizada en balones de 25 ml. Se agitó, y posteriormente pasó a un frasco de polietileno de 25 ml, para su conservación y posterior análisis en EAA (Zhimadzu 6300). La presencia de mercurio se determinó utilizando el método Espectrometría de Absorción Atómica Vapor-Frío (CVAA - Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry), que consiste en reducir los compuestos de mercurio presentes en la muestra a metal libre.

A 5 ml del filtrado obtenido de la digestión, se le agregaron 5 ml de ácido nítrico al 1,5%, en envases de reacción, los cuales fueron llevados a las celdas de lectura en el Espectrómetro de Absorción

Atómica, donde se les añadió un volumen de Boro hidruro de sodio al 3%, diluido en hidróxido de sodio al 1%; las concentraciones se determinaron por altura de pico, sin llama. Este método permite la medición de las concentraciones del metal a través del desprendimiento de vapor, manteniendo las celdas a temperatura ambiente (Fermín, 2002; Martínez, 1999; EPA, 1999).

Con los resultados obtenidos se calculó el coeficiente de variación a partir de la desviación estándar y la media aritmética. El coeficiente de variación se calculó con la siguiente ecuación:

$$C.V. = \frac{DE}{X} * 100$$

Donde:

DE= Desviación estándar

X= Promedio

Los coeficientes de variación experimentales que presentaron mayor porcentaje fueron el plomo (3,36%) y el cobalto (2,37%). Mientras el que presentó el nivel más bajo fue el níquel (0,46%). El resto de metales oscilaron entre el 2% y 1%, por lo que puede afirmarse que el método utilizado en el estudio es eficiente y preciso.

Tabla 1. Resultado de los análisis de precisión realizados a una muestra por triplicado

Metal	Pb	As	Hg	Cd	Cr	Co
M1	7,20	1,45	283,20	1,68	3,03	3,23
M2	7,40	1,44	286,85	1,70	2,89	3,31
M3	7,70	1,78	283,90	1,65	2,95	5,35
CV (%)	3,36	1,49	0,68	1,49	1,85	2,37

Además se realizó análisis por triplicado, Tabla 1. con un material de referencia o estándar certificado de pescado homogenizado (IAEA-407, International Atomic Energy Agency, Mónaco), con la finalidad de comprobar una vez más la

eficiencia y precisión de la técnica empleada, para la extracción de metales en el estudio efectuado. Se compararon los resultados obtenidos con los presentados por la casa fabricante. Tabla 2.

Tabla 2. Comparación entre los resultados obtenidos con el estándar certificado en el presente estudio y los señalados por la casa fabricante

Metal	Presente Estudio		Estándar		% Extracción
	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo	
Pb	0,12 (±0,01)	0,10 - 0,12	0,12	0,10 - 0,15	100
As	12,43 (±0,08)	12,34 - 2,55	12,6	12,3 - 12,9	98,65
Hg	0,23 (±0,01)	0,22 - 0,25	0,22	0,22 - 0,29	104,55
Cd	0,14 (±0,01)	0,12 - 0,15	0,19	0,18 - 0,19	74,07
Cr	0,68 (±0,03)	0,65 - 0,70	0,73	0,67 - 0,79	93,15
Co	0,62 (±0,01)	0,60 - 0,62	0,60	0,55 - 0,65	103,33

*Todas las concentraciones se expresan en mg.kg⁻¹.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva en el programa Statística 7.0 para calcular la media y la desviación estándar, de las concentraciones de metales pesados encontradas en A. tuberculosa estudiada.

2. Resultados y discusiones

Tallas de los organismos

Los bivalvos de la especie A. tuberculosa se encontraron

dentro del rango de 3 a 7 cm, siendo su medida promedio 5 ±1,25. Tabla 3.

Posteriormente se procedió a determinar las medidas morfométricas: longitud y peso. Con la ayuda de un calibrador de Vernier se midió la longitud de cada bivalvo. Tabla 4.

Tabla 3. Medidas mínimas y máximas de *A. tuberculosa*

Especies de Moluscos Bivalvos	Medida Mín.	Medida Máx.	Medida Promedio	Desviación Estándar
<i>A. tuberculosa</i>	3,1	7,2	5	1,25

Tabla 4. Medidas biométricas (longitud y peso) de *A. tuberculosa*

Tallas (cm)	# de Bivalvos (Unid)	Peso Promedio con Valvas (g)
3 – 3,9	10	12,56
4 – 4,9	35	25,71
5 – 5,9	20	39,46
6 – 6,9	5	85,45

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las concentraciones obtenidas en los análisis de Pb, As, Hg, Cd, Cu, Ni, Cr, Zn, Co y Mn, en *A. tuberculosa* (cuatro tallas), extraídos del estero Huaylá.

Además, los resultados de las concentraciones obtenidas en el análisis de metales pesados en *A. tuberculosa* (4 tallas) del estero Huaylá. Los resultados se expresan en mg.kg-1.

Tabla 5. Concentraciones de Pb, As, Hg, Cd, Cu, Ni, Cr, Zn, Co, Mn en *A. tuberculosa*.

Especies	Medidas	Pb	As	Hg	Cd	Cr	Co	
<i>A. tuberculosa</i>	LMP	1,5	1	0,5	1	12	-	
	Talla 1	3-4	8,2	1,43	495	2,05	7,1	2,5
	Talla 2	4-5	7,4	1,45	285	1,68	3,03	3,23
	Talla 3	5-6	7,2	1,72	352,5	1,38	5,15	2,53
	Talla 4	6-7,3	7,3	1,59	325	1,6	2,35	2,6

Plomo

En los puntos de muestreo estudiados, la concentración promedio de Pb en las muestras analizadas de *A. tuberculosa* provenientes del estero Huaylá, fue de 7,52 mg.kg-1, siendo 7,2 mg.kg-1 el valor mínimo y 8,2 mg.kg-1 el máximo, para las tallas 3 y 1, respectivamente. Las cuatro tallas reportadas superaron el límite máximo permisible establecido (Unión Europea, 2014). En la talla 3 se observó 4,8 veces más de concentración, en las tallas 2 y 4 se encontraron 4,9 veces, y la talla 1 presentó 5,5 más.

Las concentraciones de Pb y talla estuvieron relacionadas inversamente, puesto que el metal presentó mayor concentración en su talla más pequeña (4-5 cm), suscitándose el fenómeno conocido como “dilución biológica”, en el que el crecimiento del tejido del bivalvo es más rápido que la incorporación del metal (Geffard, *et al.*, 2002).

Los moluscos más jóvenes retienen mayor cantidad de metales (Toledo *et al.*, 2000), mientras que los adultos (5-6 cm), al entrar en la fase de la maduración sexual, liberan los metales (Lucero, Cantera, & Neira, 2012). El Pb tiene la capacidad de bioacumularse con facilidad en los tejidos de los organismos *A. tuberculosa*, convirtiendo a esta especie en organismo idóneo para ser utilizado como biomonitoreo de contaminación por Pb.

Los resultados de los análisis de metales pesados indican que existe un claro aporte antrópico de Pb hacia el estero, debido a la combustión de la gasolina de las embarcaciones que son utilizadas en las labores de pesca, los mismos que desembarcan los productos diarios en los muelles artesanales existentes en la zona. Estas embarcaciones además se abastecen de combustible, y cambian de aceite en la estación de servicio existente a la altura del Yatch Club. Figura 1.

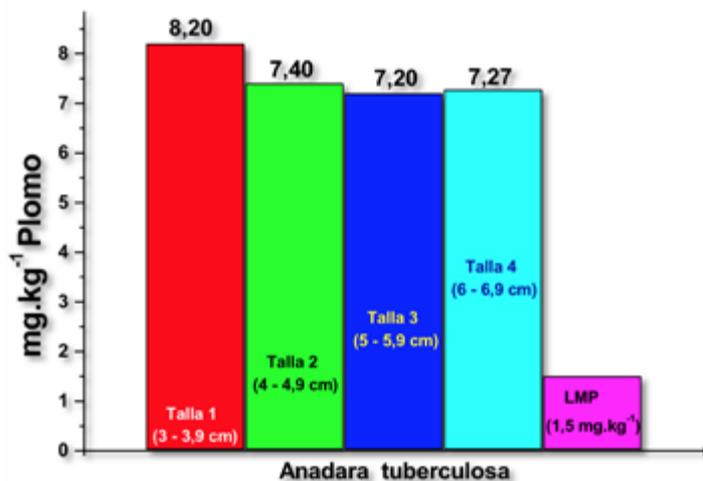


Figura 1. Concentración de Pb en cuatro tallas de *A. tuberculosa*

Los resultados de los análisis de metales pesados indican que existe un claro aporte antrópico de Pb hacia el estero, debido a la combustión de la gasolina de las embarcaciones que son utilizadas en las labores de pesca, los mismos que desembarcan los productos diarios en los muelles artesanales existentes en la zona. Estas embarcaciones además se abastecen de combustible, y cambian de aceite en la estación de servicio existente a la altura del Yatch Club. Figura 1.

Arsénico

La concentración promedio de As en los moluscos de la especie *A. tuberculosa* fue de 1,548 mg.kg⁻¹, siendo el

valor mínimo 1,43 mg.kg⁻¹ que correspondió a la talla 1 y el máximo 1,72 mg.kg⁻¹ a la talla 3. Las concentraciones de As en las cuatro tallas de *A. tuberculosa* fueron relativamente similares mostrando bioacumulación, algo muy común debido a que el As experimenta bioconcentración en organismos acuáticos (Moreno, 2003; Anacleto *et al.*, 2015). Las cuatro tallas superaron el límite máximo permisible establecido por la Legislación Australiana y Neozelandesa de Metales Pesados. En las tallas 1 y 2 se observó una concentración de 1,4 veces más, la talla 4 presentó una concentración superior de 1,6 y la talla 3 en 1,7. Figura 2.

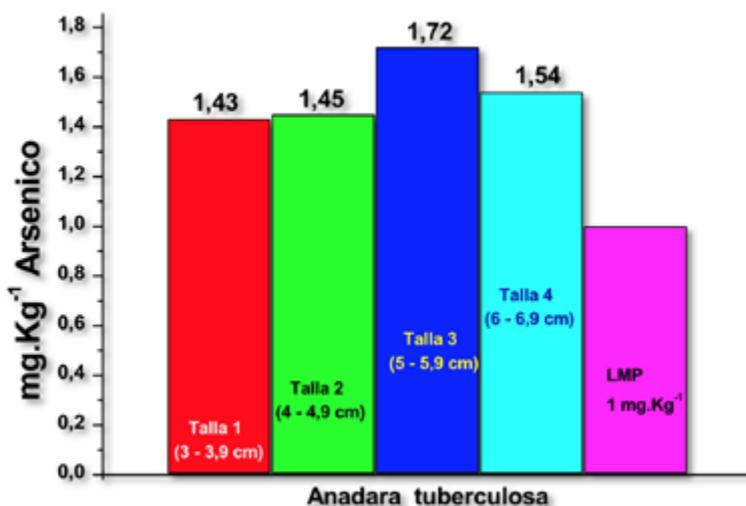


Figura 2. Concentración de As en cuatro tallas de *A. tuberculosa*

La presencia de As evidencia cierto grado de intervención antrópica, posiblemente relacionada con los pesticidas arsenicales que se suelen utilizar en las plantaciones de banano (Rosas, 2001; Lilo, 2003; Souza *et al.*, 2016), y a través de las escorrentías se depositan en los sedimentos del estero. Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos en el bivalvo *Venerupis aureus*, en los que se encontró una correlación negativa entre la talla y las concentraciones de metales pesados (Navaset *et al.*, 1992).

Mercurio

La concentración promedio de Hg en los moluscos de la especie *A. tuberculosa* fue de 364,38 mg/kg,

el valor mínimo de 285 mg.kg⁻¹ correspondió a la talla 2 y la mayor concentración de 495 mg.kg⁻¹ a la talla 1. Las cuatro tallas analizadas superaron significativamente el límite máximo permisible establecido por la Norma de la Unión Europea. En la talla 2 se observó que el Hg se encuentra 570 veces más alto, en la talla 4 presentó 650 veces, mientras que en las tallas 3 y 1 superó el límite máximo permisible 750 y 990 veces, respectivamente. Las concentraciones de Hg y las tallas estuvieron relacionadas inversamente en *A. tuberculosa*, su talla más pequeña (3-4 cm) acumuló mayor cantidad de Hg. Figura 3.

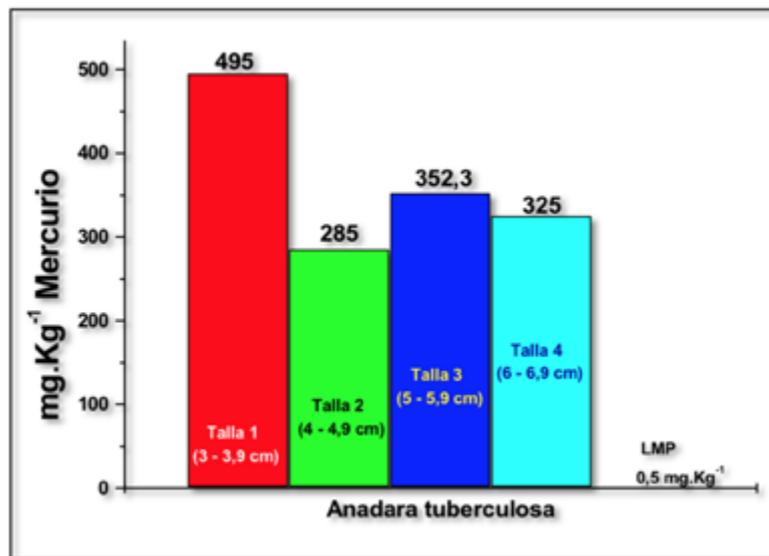


Figura 3. Concentración de Hg en cuatro tallas de *A tuberculosa*

La gran contaminación del estero Huaylá por Hg tendría su origen en las viviendas ubicadas en las orillas del estero que vierten directamente las aguas residuales, además de las tuberías de desagües del sur de la ciudad. Además, Senior *et al.* (2014), reportaron valores de Hg que oscilaban entre 367,5 y 8755 mg.kg⁻¹ en el sedimento del estero Santa Rosa donde descarga sus aguas el estero Huaylá, y el Hg se desplaza por las mareas.

Cadmio

En los moluscos de la especie *A. tuberculosa* el Cd se encontró concentrado entre 1,38 y 2,05 mg.kg⁻¹. El valor mínimo correspondió a la talla 3 y el máximo a la talla 1, siendo su valor promedio 1,68 mg.kg⁻¹.

Las cuatro tallas superaron ligeramente el límite máximo permisible establecido por la Norma de la Unión Europea. En la talla 3 se observó que el Cd se encuentra 1,4 veces más, en las tallas 2 y 4 su concentración fue de 1,7 y 1,6 respectivamente, y en la talla 1 hubo una variación significativa de 2,1. Figura 4.

Cromo

En los moluscos de la especie *A. tuberculosa* el Cr mostró una concentración que oscilaba entre 2,35 y 7,1 mg.kg⁻¹, siendo su concentración promedio 4,41 mg.kg⁻¹. El valor mínimo correspondió a la talla 4 y el máximo a la talla 1. Figura 5.

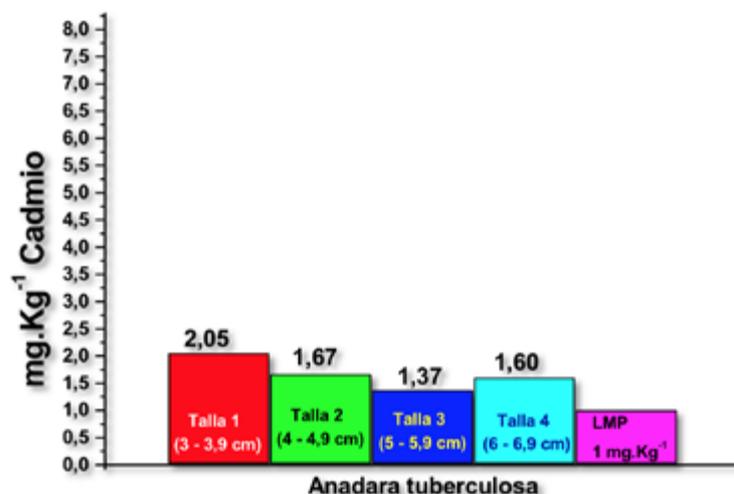


Figura 4. Concentración de Cd en escala de 0 -4 de *A. tuberculosa*

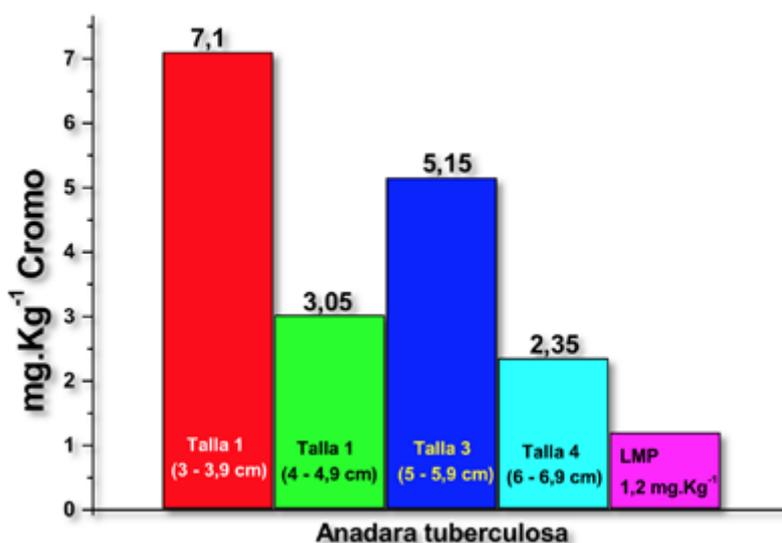


Figura 5. Concentración de Cr en las cuatro tallas estudiadas

Los resultados obtenidos se encuentran por encima del límite máximo permisible establecido por la FAO que los sitúa en 1,2 mg.kg-1(FAO, 2014).

III. CONCLUSIONES

En la especie *A. tuberculosa* la concentración de Pb, Hg, Cd, se encuentra por encima de los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de la Unión Europea, el As también supera los límites de la LMP (Legislación Australiana y Neozalandesa) y el Cr se encuentra en mayor

cantidad que los niveles máximos establecidos por la FAO (Food and Agriculture Organization), para este tipo de alimento. La relación entre la talla y la concentración de metales fue negativa para Pb, Cd y Cr en *A. tuberculosa*, esto quiere decir que las tallas de menor tamaño acumularon mayor cantidad de metal, fenómeno conocido como dilución de crecimiento. Se determinó que la especie *A. tuberculosa* tiene la capacidad de bioacumular Cd y Cr porque se encontró mayor cantidad de metal en sus tejidos, lo cual corrobora

investigaciones realizadas en Chile con este tipo de molusco (Tapia et al., 2010).

V. REFERENCIAS

- Anacleto, P., Maulvault, A., Nunes, M., Carvalho, M. R., & Marques, A. (2015). Effects of depuration on metal levels and health status of bivalve molluscs. *Food Control*, 47, 593-501.
- Cabrini, T., Barboza, C., Skinner, V., Hauser, R., Rocha, R., SaintPierre, T., . . . Cardoso, R. (2017). Heavy metal contamination in sandy beach macrofauna communities from the Rio de Janeiro coast, Southeastern Brazil. *Environmental Pollution*, 116-129.
- Diario El Universo. (1 de Mayo de 2016). Machala busca evitar la contaminación de los esteros. *El Universo*, pág. 1.
- EPA. (1999). Analytical standard operating procedures for atomic absorption, sludges, and soils. *Environmental Protection Agency-Method 3050*, Sco-846.
- Espinoza, R. (2012). *Determinación de la contaminación orgánica por el índice de sprobidad en el estero Huaylá*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Machala - Escuela de Acuicultura: 71 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2014). Species Fact Sheets: *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). Obtenido de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en.FDA.
- Geffard, A., Amiard, J., & Amiard, T. C. (2002). Use of metallo-thionein in gills from oysters (*Crassostrea gigas*) as a biomarker: Seasonal and inter-site fluctuations. *Biomarkers* 7, 123-137.
- INOCAR. (2012). CAPÍTULO V: De Puntilla de Santa Elena a Punta Capones . Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_V.pdf
- Lilo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. *Grupo de Estudios de Minería y Medio Ambiente*.
- Lucero, C., Cantera, J., & Neira, R. (2012). Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoidea: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en Bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007. *Rev. Biol. Trop.*, 203-217.
- Mancera Rodríguez & Álvarez León, N. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 3-23.
- Márquez; Senior; Fermín; Martínez ;Castañeda; González, A. (2008). Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la laguna de unare, estado Anzoátegui, Venezuela. *Rev. Cient. Maracaibo*, 73-86.
- Mero, M. (2010). *Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil*. Guayaquil: Tesis de
- Navas, J. I., Castillo, M., Vera, P., & Ruiz-Rico, M. (1992). Principal parasites observed in clams, *Ruditapes decussatus* (L), *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve), *Venerupis pullastra* (Montagu) and *Venerupis aureus* (Gmelin), from the Huelva coast (S.W. Spain). *Aquaculture*, 193-199.
- Nesreen & Abu El-Regal, I. &. (2014). Heavy Metals Accumulation in Marine Edible Molluscs, Timsah Lake, Suez Canal, Egypt. *ARPN Journal of Science and Technology*, 282-288.
- Olavarría, Y. (2007). Determinación de trazas de cadmio en cholga (*Aulacomyaater*), chorito (*Mytilus chilensis*) y ostra chilena (*Ostraea chilensis*) en zona de la zona de Chiloé (Hueihue). *Universidad Austral de Chile*, 105.
- Rosas, H. (2001). Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca del Llobregat. *Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya - Instituto de Ingeniería minera y Recursos Naturales*, 330 .
- Rovira, J. (1993). Contaminación por metales pesados en los sedimentos del río Jarama y su asimilación en tubificidos. *Tesis Doctoral. Universidad Complutense - Madrid.*, 360 p.
- Souza, R., Garbossa, L., Campos, C., Vianna, L., Vanz, A., & Rupp, G. (2016). Metals and pesticides in commercial bivalve mollusc production areas in the North and South Bays, Santa Catarina (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 105, 377-384.
- Tapia, J., Vargas, L., Bertran, C., Carrasco, G., Torres, F., Pinto, R., . . . Letelier, L. (2010).

- Study of the content of cadmium, chromium and lead in bivalve molluscs of the Pacific Ocean (Maule Region, Chile). *Food Chemistry*, 666–671.
- Toledo, J., Lemus, M., & Chung, K. S. (2000). Contenido de cobre, cadmio y plomo en el pez estuarino *Cyprinodon dearborni* (Pisces: Cyprinodontidae), sedimentos superficiales y agua de las lagunas Chacopata y los Patos, Edo. Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 225–231.
- Unión Europea. (2014). Contenidos maximos en metales pesados en productos alimenticios. *Metales Pesados*, 1-24.
- Yi, Y., & Zhang, S. (2012). The relationship between fish heavy metal concentrations and fish size en the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*, 1699–1707