

# DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cd y Pb) EN MOLUSCOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL (*Anadara tuberculosa* y *A. grandis*) DE PUERTO EL MORRO, ECUADOR

## DETERMINATION OF HEAVY METALS (Cd & Pb) IN BIVALVE MOLLUSCS OF COMMERCIAL INTEREST (*Anadara tuberculosa* & *A. grandis*) PUERTO EL MORRO, ECUADOR

Mariuxi Mero<sup>1</sup>, Víctor Arcos<sup>1</sup>, Fidel Egas<sup>2</sup>, Rubén Siavichay<sup>2</sup>, Gino Lindao<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Naturales Universidad de Guayaquil. Av Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo.  
correo electrónico: mariuximv@hotmail.com. Guayaquil - Ecuador.

<sup>2</sup> Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales-Universidad de Guayaquil

### RESUMEN

La presencia de metales pesados en concentraciones que exceden los límites permitidos por las legislaciones ambientales nacionales e internacionales, alteran el equilibrio de un ecosistema y aunque hay una liberación de los metales pesados por medios naturales, la mayor parte es causada por acciones antropogénicas. Esta investigación determinó las concentraciones de cadmio y plomo en dos especies de moluscos de importancia comercial: concha prieta (*Anadara tuberculosa*) y pata de mula (*A. grandis*) y en muestras de agua y sedimento del hábitat circundante de estos organismos. Los resultados revelaron que la concentración de cadmio y plomo en agua en las estaciones 4, 5 y 6 exceden los valores descritos en la legislación ambiental ecuatoriana y en sedimento la presencia de cadmio es más notable debido a que exceden los valores de la Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life cuyo valor es de 0.676 ppm y el valor promedio cuantificado en esta investigación fue de 6.92 ppm. En Ecuador no existen normas sanitarias que establezcan límites de contenido de metales en moluscos bivalvos, sin embargo en un estudio de la USAID (2009) se encontraron concentraciones inferiores a 0.1 ppm para cadmio y 0.9 ppm para plomo, mientras que en el presente trabajo se encontraron en promedio 4.24 y 4.01 ppm de cadmio y 3.37 y 2.62 ppm de plomo para *A. tuberculosa* y *A. grandis* respectivamente, lo que evidencia una alta concentración de estos elementos tóxicos en los organismos objetos de estudio.

**Palabras claves:** Cadmio, plomo, moluscos bivalvos

## SUMMARY

The presence of heavy metals in concentrations that exceed the limits allowed by national and international environmental legislation, affect the balance of an ecosystem and although there is a release of heavy metals by natural means, most is caused by anthropogenic activities.

This investigation determined the concentrations of cadmium and lead in two species of commercially important molluscs: concha prieta (*Anadara tuberculosa*) y pata de mula (*A. grandis*) and water and sediment samples from the surrounding habitat of these organisms. The results revealed that the concentration of cadmium and lead in water at stations 4, 5 and 6 exceed the values described in the Ecuadorean environmental laws in the presence of cadmium sediment is most notable because it exceeded the values of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life with a value of 0,676 ppm and the average value quantified in this study was 6,92 ppm. In Ecuador there are no health regulations establish limits for metal content in bivalve molluscs, however, in a USAID study (2009) found concentrations below 0.1 ppm for cadmium and 0,9 ppm for lead, while in this study were on average 4,24 and 4,01 ppm of cadmium and 3,37 and 2,62 ppm of lead for *Anadara tuberculosa* and *A. grandis*, respectively, which shows a high concentration of these toxic elements in the objects of study organisms.

**Keywords:** Cadmium, lead, bivalves

## INTRODUCCIÓN

En las áreas a lo largo de la costa se experimenta un crecimiento rápido de población. Cerca de la mitad de la población mundial está localizada a menos de 60 kilómetros de la costa y podría llegar al 70% en el año 2020. Las franjas costeras, donde desembocan ríos o aflora agua subterránea son, en general, un mosaico complejo e interactivo de ecosistemas compuestos por humedales, lagunas costeras, marismas, manglares, tierras húmedas, hábitats de aguas dulces, estuarios y zonas ribereñas interconectados por canales y además son receptoras de agua dulce, sólidos disueltos, partículas y recursos vivos provenientes de los continentes (<sup>1</sup>Naciones Unidas, 1992).

De acuerdo con <sup>2</sup>GESAMP (2001), las principales fuentes fijas de contaminación corresponden a las plantas industriales, desechos municipales y sitios de extracción, explotación y construcción como excavaciones (explotación agrícola, aprovechamiento forestal, minería, entre otros). Los contaminantes presentes en

las fuentes industriales son por lo general nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos específicos, radionúclidos y propiedades físico-químicas específicas como pH, salinidad, demanda de oxígeno y dureza. Los desechos industriales contienen además cantidades altas de materia orgánica provenientes de las plantas procesadoras de alimentos y bebidas y de la industria del cuero y de la madera. Otras actividades aumentan la descarga de sedimentos como los relaves mineros. Las fuentes difusas más evidentes corresponden a la agricultura, por el uso de pesticidas e insecticidas, así como el aporte de residuos de insumos agrícolas y restos de vegetales y animales. Muchas veces se produce la contaminación de acuíferos.

La Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador,<sup>3</sup> Ministerio del Ambiente, (2001), plantea como visión al año 2020, la conservación y la utilización sustentable de los recursos naturales del país, e identifica cinco “Regiones de Atención Especial”, reiterando la importancia del Golfo de Guayaquil en términos de su biodiversidad por la presencia del 81% del ecosistema de manglar del país (ca., 122 437 hectáreas), definiendo tres líneas de acción: i) el control de la contaminación, ii) el desarrollo de pesca sustentable, y iii) el manejo integral de manglares.

## ANTECEDENTES

Uno de los contaminantes de mayor riesgo son los metales pesados que a diferencia de otros contaminantes ambientales son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye, el papel que el hombre desempeña en la presencia ambiental de metales es, por una parte, introducir en el medio ambiente estos elementos como consecuencia de las distintas actividades humanas y por otra, alterar la forma bioquímica o química en que se encuentran. Los metales están sujetos a ciclos bioquímicos que determinan su presencia y concentración en los compartimientos ambientales (suelo, agua, aire y seres vivos), por lo que la intervención humana puede modificar considerablemente su distribución y concentración (<sup>4</sup>Moreno, 2003).

Los metales, en cantidades mínimas o trazas, pueden ejercer efectos positivos sobre los seres vivos. Algunos de ellos en determinadas concentraciones, siempre menores al 0,01% de la masa total del organismo, son elementos esenciales para la vida (<sup>5</sup>Wittmann G., 1981; <sup>6</sup>Carson B. *et. al.*, 1986; <sup>7</sup>Brown P. *et. al.*, 1987; <sup>8</sup>Anderson R., 1989).

El grado de toxicidad potencial de un metal pesado en el ambiente depende de una serie de factores, como el pH que afectan a la especiación química y a la movilidad

de muchos metales pesados (<sup>9</sup>Wood J, 1989). La presencia de iones inorgánicos, tanto aniones como cationes, tienen una gran influencia sobre la toxicidad de los metales pesados, debido a la formación de compuestos insolubles como carbonatos (<sup>10</sup>Tebbutt T, 1999), lo que sucede especialmente cuando se mezclan aguas de diferentes orígenes, como son los vertidos industriales y domésticos en los cursos fluviales naturales (<sup>11</sup>Catalán L, 1981). Como regla general, las *altas temperaturas* y la *baja salinidad* actúan de forma sinérgica con los metales para aumentar la toxicidad (<sup>12</sup>McLusky *et. al.*, 1986). La alta toxicidad de metales como Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio, Níquel y Zinc a bajas salinidades es atribuida normalmente a una acumulación más rápida de estos metales siendo de mayor importancia en los estuarios. Así mismo tenemos los factores propios del metal, es decir la toxicidad la cual depende de la propia naturaleza del metal, su biodisponibilidad en el ambiente y el estado molecular que presente el metal el mismo que al estar sometido a diferentes condiciones ambientales puede mostrar diversas configuraciones moleculares o químicas (<sup>13</sup>Stumm W. y J. Morgan, 1981). Entre otros factores tenemos los mecanismos de defensa de los organismos frente a los metales y la acción que la propia biota pueda ejercer sobre su especiación química (<sup>11</sup>Catalán L, 1981; <sup>13</sup>Stumm W. y J. Morgan, 1981), la capacidad de bioacumulación de dichos elementos metálicos (<sup>14</sup>The Royal Society, 1979), lo cual dependerá de un proceso complejo donde intervienen una serie de mecanismos internos y externos que juegan un papel determinante, tales como: la talla de los organismos (<sup>15</sup>Cossa D., *et. al.*, 1979), la composición bioquímica y factores genéticos (<sup>16</sup>Frazier J., *et. al.*, 1985), los ciclos de desove que afectan la condición (<sup>17</sup>Lobel P. y D. Wright, 1982), la biodisponibilidad del metal, la temperatura y la salinidad del medio acuático.

### **Organismos objeto de estudio**

Además de su utilidad como bioindicadores, el estudio en los bivalvos también ha permitido evaluar los posibles riesgos para la salud, derivados del consumo de ellos, particularmente cuando han sido expuestos a altas concentraciones de metales pesados que puede llevar a la muerte de los consumidores, así como sus efectos a largo plazo cuando la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados.

En el presente trabajo se ha empleado los moluscos conocidos como concha prieta y pata de mula (*Anadara tuberculosa* y *A. grandis*) (Fig. 1 y 2) que son de gran importancia tanto para el comercio como para el consumo interno en las comunidades asentadas en el Golfo de Guayaquil, con la finalidad de dar a conocer la importancia como bioindicadores de contaminación por metales pesados y el potencial riesgo a la salud humana que podría generar el consumo de estos organismos. Y de esta manera dar continuidad a la línea base de proyectos

anteriores en metales pesados en moluscos bivalvos de interés comercial del Golfo de Guayaquil.



Figura 1.- *Anadara tuberculosa* (Concha prieta)



Figura 2.- *Anadara grandis* (Pata de mula)

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro – REVISMEM, fue creado mediante Acuerdo Ministerial N.- 266 el 13 de septiembre de 2007 y entre sus principales objetos de conservación están una población residente de bufeos costeros y una población de fragatas. Esta área protegida contiene 10130,16 hectáreas de superficie está ubicado en la zona del canal del Morro y pertenece al subsistema de áreas protegidas marinas y costeras pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SNAP y que está bajo la autoridad de la Subsecretaría de Gestión Marina y Costera del Ministerio del Ambiente. (18Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, 2010).

Se seleccionaron seis estaciones de muestreo para la colecta de agua superficial y sedimentos y dos específicos (estaciones 2 y 3) para la colecta de organismos, las coordenadas fueron medidas por medio del GPS Magellan Triton (Figura 3).

Se realizaron tres muestreos en marea baja en los meses de junio, julio y agosto de 2011, en los cuales se colectaron 18 muestras de agua superficial y 18 de sedimento para determinar los elementos cadmio y plomo, las muestras de agua fueron colectadas en botellas de polietileno de 1000 ml, previamente tratadas y rotuladas, basándose en la metodología recomendada por <sup>19</sup>Solórzano L. (1983), así como del <sup>20</sup>Standard Methods 21st Edition y las de sedimento se realizó con espátulas de plástico en la capa superficial (5- 10 cm de profundidad) y se conservaron en fundas de cierre hermético hasta su análisis en el laboratorio. Los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto y pH fueron medidos *in situ* con el equipo Orion 1230, la salinidad se la registró mediante el refractómetro marca Atago con medición de 0 a 100‰.

Las muestras para determinación de metales pesados fueron refrigeradas durante su transporte y una vez en el laboratorio se les agregó 1 ml de ácido nítrico



Figura 3.- Ubicación de las estaciones de muestreo

calidad reactivo, para su posterior análisis y una vez en el laboratorio fueron filtradas mediante el equipo VWR utilizando filtros de membrana con poros de 0.45  $\mu\text{m}$  de diámetro y el análisis de agua para la cuantificación de metales se basó en el procedimiento de extracción con APDC recomendada por <sup>19</sup>Solórzano L. (1983).

En cuanto a los sedimentos, fueron extendidos en superficie plástica y secados a temperatura ambiente, luego se disgregaron y tamizaron a través de un tamiz de 71  $\mu\text{m}$ , posteriormente las muestras obtenidas fueron secadas en estufa a 80°C por una hora para eliminar la humedad y luego se procedió a pesar aproximadamente 0.5 gramos para el análisis. La digestión de las muestras se la realizó según metodología interna del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, con referencia en el <sup>20</sup>Estándar Métodos.

Se colectaron 25 individuos de cada especie en cada salida de campo dando un total de 150 individuos en total durante los tres muestreos, se les eliminó todo el material adherido a la superficie de la concha y posteriormente fueron lavadas varias veces con agua desionizada para evitar posibles contaminantes externos. Se separó el tejido blando de las conchas y se lo colocó en cápsulas de porcelana para ser secados en una estufa a aproximadamente 60°C hasta

obtener un peso constante, libre de humedad se procedió a pulverizarlo y se utilizó aproximadamente 1 gramo de tejido seco para los análisis. Las muestras fueron sometidas a digestión ácida con 5ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) por cerca de 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de digestión, las muestras fueron calentadas a una temperatura de 100°C hasta eliminación de humos marrones, se re-disolvió con agua ultrapura, y se homogenizó. El extracto resultante se filtró y se enrasó a volumen de 50 ml.

La cuantificación de los metales (cadmio y plomo) se realizó por absorción atómica utilizando un espectrofotómetro de llama Perkin Elmer modelo AAnalyst100.

Las unidades de absorbancia deben de ser comprobadas de tal manera que se cumplan con la curva lo cual lo verificamos con las concentraciones de control. Los cálculos se realizan en hojas Excel aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{ppm} = \frac{\text{Concentración (lectura del equipo)} \times \text{Volumen}}{\text{Masa}}$$

## RESULTADOS

En la tabla 1 se observan los valores promedio de los parámetros físicos de los tres muestreos realizados.

**Cuadro 1.- Parámetros físicos**

ESTACIÓN	TEMPERATURA	SALINIDAD	pH	OD
1	25,8	28,3	6,5	6,8
2	26,1	27,7	6,5	6,1
3	26,3	28,3	6,4	6,8
4	25,9	27,7	6,7	6,3
5	25,9	30,7	6,8	5,0
6	25,9	30,0	6,9	5,1

No se detectaron concentraciones de cadmio durante el primer muestreo, sin embargo en el segundo y tercer muestreo se cuantificaron valores superiores al 0,02 ppm en las estaciones 4, 5 y 6; en cuanto al plomo se cuantificaron valores superiores al 0,1 ppm. En la tabla 2 se presentan los resultados de las concentraciones obtenidas en la cuantificación de cadmio y plomo en moluscos bivalvos de interés comercial y en la tabla 3 se describen los resultados obtenidos de las muestras de agua superficial y sedimentos colectadas en los tres muestreos, los resultados se expresan en ppm (parte por millón o miligramos por kilo/

litro). Los resultados expresados como **No detectables (ND)** indican que las concentraciones fueron menores al límite de detección instrumental que es de 0,02 ppm para el cadmio y 0,10 ppm para el plomo.

**Cuadro 2.- Concentración de cadmio y plomo en moluscos mayores a 45 mm (ppm)**

ESPECIE	PRIMER MUESTREO		SEGUNDO MUESTREO		TERCER MUESTREO	
	Cadmio	Plomo	Cadmio	Plomo	Cadmio	Plomo
<i>Anadara tuberculosa</i>	4,64	3,66	4,65	3,44	3,43	3,02
<i>Anadara grandis</i>	3,98	1,74	4,95	3,22	3,09	2,89

**Cuadro 3.- Concentración de cadmio y plomo en agua y sedimento durante tres muestreos (ppm)**

ESTACIÓN	PRIMER MUESTREO				SEGUNDO MUESTREO				TERCER MUESTREO			
	Agua		Sedimento		Agua		Sedimento		Agua		Sedimento	
	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6,92	ND	ND	0,28	0,99	8,97
2	ND	ND	2,99	9,99	ND	0,25	7,99	ND	ND	0,14	5,98	9,97
3	ND	0,19	2,99	2,99	ND	ND	7,98	ND	ND	0,11	8,98	8,98
4	ND	ND	4,99	6,99	ND	0,16	9,98	ND	0,04	0,11	10,98	3,99
5	ND	0,15	4,99	ND	0,02	0,10	9,97	1,99	0,03	0,10	12,95	ND
6	ND	0,15	4,99	1,99	0,10	1,17	1,09	7,48	0,04	0,23	12,94	13,93

## DISCUSIÓN

### Agua

Los datos de temperatura obtenidos durante las salidas de campo se mantuvieron constantes (24 – 27°C), valores que son propios del patrón climático que rigen en el área de estudio durante la estación seca. Los valores de pH han sido constantes a través del espacio y del tiempo, indicando que el agua se encuentra en un rango que va de 6,4 a 7, propio del área de estudio. La distribución de la salinidad varía debido al flujo y reflujos de mareas presentes en el área de estudio durante la colecta de muestras. El oxígeno disuelto tubo variaciones en todos los muestreos, sin embargo se encuentran en los límites permisibles según la legislación ambiental ecuatoriana para la conservación de la flora y fauna.



Las concentraciones de cadmio y plomo detectadas en el área de estudio, registraron valores altos y según la <sup>21</sup>Legislación ambiental ecuatoriana para la conservación de la flora y fauna no debe excederse el 0,005 ppm para cadmio y 0,01 ppm para plomo y en el caso del uso de aguas con fines recreativos las concentraciones de metales deberá ser de cero, por lo que se considera que estas estaciones están contaminadas por estos metales pesados, especialmente las estaciones 5 y 6 que son las más cercanas al muelle de Puerto El Morro (Figuras 4 y 5).

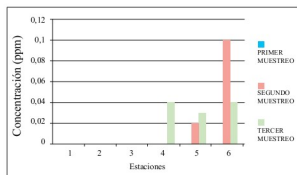


Figura 4.- Concentración de cadmio en agua superficial

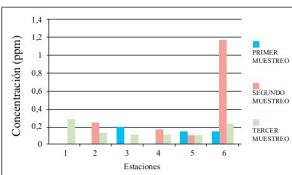


Figura 5.- Concentración de plomo en agua superficial

## Sedimento

Según <sup>22</sup>Largerwerff, 1972, la presencia de cadmio en zonas litorales es considerada como un componente normal de los sedimentos marinos y como un aporte de las rocas fosfóricas. Sin embargo, el cadmio y el plomo son elementos acumulables que pueden ser altamente tóxicos en altas concentraciones, pudiendo incluso ser responsables de cambios adversos en la biota. Durante los tres muestreos se obtuvieron concentraciones que variaron desde el valor no detectado hasta 12,94 ppm de cadmio y 13,93 ppm de plomo, la variación posiblemente se debe al flujo y reflujo de mareas, a la circulación de embarcaciones de turismo y de pesca, uso de combustible con plomo, además del mantenimiento de dichas embarcaciones (remoción de saldos de pintura para la renovación de la misma), así como a residuos domésticos o industriales que se desechan en esta zona (Figuras 6 y 7).

Cabe destacar que en Ecuador no existe una legislación que indique el límite máximo permisible para metales pesados en sedimentos estuarinos por lo que se en el presente trabajo se usa como referencia la <sup>23</sup>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life (Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999) en los que se establecen las concentraciones para Cadmio 0,676 ppm y Plomo 30,2 ppm, por lo que podemos establecer que el problema en el sedimento es la presencia de cadmio ya que exceden los límites establecidos en la guía Canadiense.

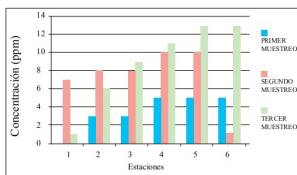


Figura 6.- Concentración de cadmio en sedimentos

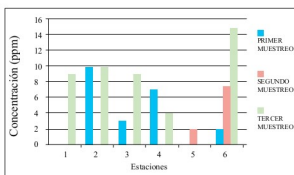


Figura 7.- Concentración de plomo en sedimentos

## Organismos

En Ecuador no existen normas sanitarias que establezcan límites de contenido de metales en moluscos bivalvos, sin embargo en un estudio de la <sup>24</sup>USAID (2009) “Evaluación de contaminación de concha prieta y cangrejo rojo en San Lorenzo, Tambillo y Costa Rica” se encontraron concentraciones de plomo inferiores a 0,1 ppm y de Cadmio entre 0,2 y 0,9 ppm; registrándose un nivel mayor en Costa Rica, mientras que en el presente trabajo se encontraron en promedio 4,24 y 4,01 ppm de cadmio y 3,37 y 2,62 ppm de plomo para *A. tuberculosa* y *A. grandis* respectivamente.

Cabe destacar que los organismos objetos de estudio solo fueron encontrados en las estaciones 2 y 3; al relacionar las concentraciones de cadmio en agua durante los tres muestreos se observa que las concentraciones más altas fueron detectadas en la estación 6, mientras que la máxima concentración de plomo en el primer muestreo fue en la estación 3, en el segundo en la estación 6 y en el tercer muestreo en la estación 1. Con respecto al sedimento las máximas concentraciones de cadmio se detectaron en las estaciones 4, 5 y 6, mientras que las máximas concentraciones de plomo se observaron en la estación 2 en el primer muestreo y en la estación 6 en el segundo y tercer muestreo.

Esto nos indica que la estación más contaminada es la 6 que corresponde al área de desembarque de embarcaciones turísticas y pesqueras artesanales. Sin embargo las concentraciones detectadas en agua, sedimento y organismos en todas las estaciones evidencian una alta concentración de estos elementos tóxicos sobre todo en los organismos objetos de estudio (Figuras 8 y 9).

Además no deja de ser importante señalar que la incorporación activa de cadmio en algunas especies, se debe a características fisiológicas tales como: el peso corporal, diferencias fenotípicas, sexo, estado de reproducción y propiedades químicas del metal, todos los cuales afectan el grado de biodisponibilidad y acumulación en los tejidos del organismo (<sup>25</sup>Ahumada, 1994), así mismo se

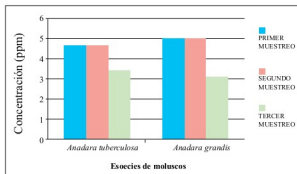


Figura 8.- Concentración de cadmio en organismos (ppm/peso seco)

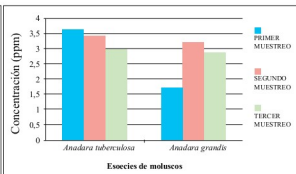


Figura 9.- Concentración de plomo en organismos (ppm/peso seco)

debe destacar que los factores abióticos como la salinidad, temperatura, pH, interacciones con otros metales y la composición iónica del medio ambiente puede afectar la acumulación de cadmio en los organismos en cuatro niveles, 1) afectando la especiación del cadmio, y por ende la biodisponibilidad en el medio ambiente, 2) por competición con relación a los sitios de ingesta de los iones específicos en el medio, 3) las propiedades generales de permeabilidad de la superficie externa, 4) cambiando la capacidad de ligar cadmio de los tejidos (Lobel y Wright, 1982).

Así mismo se indica que el calcio y el cadmio tiene igual carga (+2) esto nos hace suponer que el cadmio es transportado sobre las membranas vía sistema de transporte del calcio, generalmente los metales son transportados a través de espacios de la membranas celulares por un proceso de difusión facilitada o transporte mediante un huésped, puede ser una molécula receptora (generalmente una proteína), en la superficie de las membranas que ligan iones metálicos (Olavarría Y., 2007) y el plomo se une a las proteínas, particularmente a aquellas de los grupos del sulfidrilo, de tal manera que puede alterar su estructura y su función, o bien competir con otros metales en los sitios de enlace. Puesto que el plomo es químicamente similar al calcio, por lo que interfiere con diversos procesos dependientes de éste (Matte T., 2003)

## CONCLUSIONES

Los parámetros físico-químicos del agua son favorables para la conservación de flora y fauna, según lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Las concentraciones de cadmio y plomo en agua de las estaciones 4, 5 y 6 excedieron los límites permisibles según los criterios de calidad de agua admisibles para la preservación de la flora, fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario descritos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental.

La concentración de cadmio y plomo en sedimentos varió entre muestreos y entre estaciones debido a varios factores como flujo y reflujo de mareas, a la circulación y mantenimiento de embarcaciones de turismo y de pesca, uso de combustible con plomo, residuos domésticos o industriales que se desechan en esta zona y en menor grado a la extracción de *Anadara grandis* (pata de mula).

Sin embargo según la Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life las concentraciones de Cadmio se consideran como fuera de los límites permisibles por lo que a largo plazo la biota que se desarrolla en este ecosistema estuarino se verá afectada por este elemento tóxico.

Las especies *Anadara tuberculosa* y *A. grandis* son capaces de acumular cadmio y plomo en sus tejidos, lo que los hace útiles como organismos bioindicadores de contaminación por metales.

El elemento que tuvo mayor concentración en las dos especies objetos de estudio fue el cadmio, sin embargo se debe aclarar que tanto el cadmio como el plomo son bioacumulables en los organismos incluido el hombre por lo que no debemos exceder el consumo de estos organismos en la dieta diaria.

La presencia de cadmio y plomo son buenos indicadores de contaminación generada por el hombre, debido a que sus concentraciones en el medio ambiente son reflejos de las actividades humanas.

## BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup>Naciones Unidas, 1992. *Programa 21: Un Plan de Acción en pro del Desarrollo Sostenible*- Texto definitivo de los acuerdos logrados por los Gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) 3–14 de junio de 1992, Río de Janeiro, Brasil, Naciones Unidas, NY. USA.
- <sup>2</sup>GESAMP (IMO/FAO/UNESCO–IOC/WMO/WHO/AIEA/UN/UNEP- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects on Marine Environmental Protection), 2001. Protecting the Oceans from Land-based Activities GESAMP Reports and Studies (71): p.162
- <sup>3</sup>Ministerio del Ambiente. 2001. Política y estrategia nacional de biodiversidad del Ecuador. Quito
- <sup>4</sup>Moreno M., 2003, Toxicología Ambiental “Evaluación de riesgo para la salud humana”, McGraw-Hill/Interamericana de España.
- <sup>5</sup>Wittmann G., 1981. Toxic Metals. En: Metal Pollution in the Aquatic Environment, Chapt B. and Wittman G. Springer-Verlag- Berlin, pp. 3-70

- <sup>6</sup>Carson B., H. Ellis and J. McCann, 1986. Toxicology and Biological monitoring of Metal in Humans. Lewis Publishers, Chelsea. Michigan, pp. 327
- <sup>7</sup>Brown. P., R. Welch and E. Cary, 1987. Nickel. A micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiol* 85(3), pp 801-804
- <sup>8</sup>Anderson R., 1989. Essentiality of chromium in humans. *The Science of the total environment* 86, pp 74-81.
- <sup>9</sup>Wood J. M., 1989. Transport, bioaccumulation and toxicity of elements in microorganisms under environmental stress. In *Proc int Conf Heavy Metals in Environment*, Geneve. Edingurgh, UK pp 1-12
- <sup>10</sup>Tebbutt T., 1999. Fundamentos de control de la calidad del agua. Limusa Noriega Editores. México. pp.239
- <sup>11</sup>Catalán L., 1981. Química del agua. Editorial Alonso S. A., Madrid, pp. 423. Citado en Rosas H., 2001, Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat < <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0712101-075103/> [18 de enero de 2010].
- <sup>12</sup>McLusky, D., V. Bryant y R. Campbell, (1986) The effects of temperature and salinity on the toxicity of heavy metals to marine and estuarine invertebrates. *Oceanography Marine Biology. Rev.* 24: pp. 481. Citado en: Pérez M., 2005. Respuesta al cadmio de la microalga marina *Tetraselmis suecica*: Relación entre tolerancia y compuestos tiólicos. Aplicación de su biomasa viva para la retirada de cadmio del medio. Universidad Da Coruña. pp. 33.
- <sup>13</sup>Stumm W. y J. Morgan, 1981. Aquatic chemistry. Editorial John Wilwy Interscience. New York, pp. 780 citado en Rosas H., 2001, Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat < <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0712101-075103/> [18 de enero de 2010].
- <sup>14</sup>The Royal Society. (1979). The Effects of Marine Pollution Some Research Needs. A Memorandum: 5 – 78.
- <sup>15</sup>Cossa D., E. Bourget and J. Piuze. (1979). Sexual maturation as source of variation in the relationship between cadmium concentration and body weight of *M. edulis* (L). *Mar Pollut.* 10: 174-176.
- <sup>16</sup>Frazier J., S. George and J. Overmell. (1985). Characterization of two molecular weight classes of Cd binding proteins the *Mytilus edulis*. *Comp. Biochem. Physiol*, 80: 257-262.
- <sup>17</sup>Lobel P. and D. Wright. (1982). Gonadal and nongonadal zing concentration in mussel. *Mar. Pollut. Bull.* 13:323-329.
- <sup>18</sup>Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, 2010
- <sup>19</sup>Solórzano, 1983 L., Boletín Científico y Técnico Vol. VII, No. 1 “Instrumentación y Análisis Químico de Agentes Contaminantes en el Mar”, Instituto Nacional de Pesca, Ecuador.
- <sup>20</sup>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005, Edic. 21.
- <sup>21</sup>Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2003, Libro VI Anexo 1-Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

- <sup>22</sup>Largmerff J.V. (1972). En: *Micronutrients in agricultura* (J.J. Morvedt, Ed.) Soil Sci. Soc. of Arnerica. Madison, Wisconsin, 677 p. en S Rev. Int. Contam. Ambient. 8 (1), 47-61. 1992
- <sup>23</sup>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.1999. SUMMARY TABLES Update 2002.
- <sup>24</sup>USAID 2009, Evaluación de contaminación de concha prieta y cangrejo rojo, ecuador. Ecuador
- <sup>25</sup>Ahumada, R. (1994). Patrones de distribución espacial de Cr, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb, en sedimentos superficiales de Bahía San Vicente, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 27 (2): 256 – 282.
- <sup>26</sup>Olavarría Y., 2007, Determinación de trazas de cadmio en cholga (*Aulacomya ater*), Chorito (*Mytilus chilensis*) y ostra chilena (*Ostrea chilensis*) en la zona de Chiloé (Hueihue), Universidad austral de Chile
- <sup>27</sup>Matte, T. (2003). Efectos del plomo en la salud de la niñez. Salud pública México. 45(2), 220-224.