



CONCENTRACIÓN DE CADMIO, PLOMO Y COBRE EN *Anadara tuberculosa* DEL MANGLAR DE LA ISLA TABORCILLO, PUNTA CHAME, REPUBLICA DE PANAMÁ

Durán, I. L.¹, Fuentes, M. V.², Gómez, J. A.³

¹ Escuela de Biología, Universidad de Panamá.

² Escuela de Bioanálisis, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela.

³ Departamento de Biología Marina y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.

RESUMEN

En este estudio se analizó la presencia de los metales cadmio, plomo y cobre en los tejidos del bivalvo *Anadara tuberculosa*. El área de estudio comprendió la Bahía de Chame, específicamente el manglar de la Isla Taborcillo, entre 8° 33' 00" y 8° 44' 44" de latitud norte y entre 79° 42' 00" y 79° 77' 00" de longitud occidental. Estos metales fueron extraídos mediante digestión con ácido nítrico y cuantificados por espectrofotometría de absorción atómica. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el programa SYSTAT 6.0, el cual indicó que la menor concentración de Cd, Pb, Cu se encontró en la gónada – glándula digestiva, y la acumulación de Cd y Cu mostraron un patrón estacional.

PALABRAS CLAVES

Cadmio, plomo, cobre, metales pesados, concentración, *Anadara tuberculosa*.

ABSTRACT

In this research, the presence of metals cadmium, lead and copper were analyzed in the tissues of bivalve *Anadara tuberculosa*. The area of study was Chame Bay, specifically in the mangrove area of Taborcillo Island, located at 8° 33' 00" and 8° 44' 44" north latitude, 79° 42' 00" and 79° 77' 00" west longitude. The metal concentration was determined with the method of nitric acid digestion measuring the concentration with an atomic absorption spectrophotometer. The statistical analysis

showed than *Anadara tuberculosa* has been accumulated Cd, Pb and Cu, seasonality and in different form in the tissues.

KEYWORDS

Cadmium, lead, copper, heavy metals, concentration, *Anadara tuberculosa*.

INTRODUCCIÓN

Muchos metales trazas como el cadmio, cobre y plomo son potencialmente tóxicos. Ellos se utilizan, ampliamente, en la minería, fundición de metales, fabricación de pinturas y otras actividades industriales. Las descargas residuales de dichas actividades, generalmente, son vertidas a los sistemas acuáticos, sin tratamiento previo, y cuando aportes de dichas industrias alcanzan la atmósfera pueden ser transportados por los vientos y las escorrentías producidas por las lluvias más allá de la fuente local que los produce (Pacyna et al., 1995; Munger et al., 1999).

En ecosistemas marinos que recibieron descargas urbanas e industriales se encontraron altos niveles de Cd y Pb y, en aquellos próximos a industrias relacionadas con la construcción naval, las concentraciones de Cu y Zn superaron los límites naturales (Ponce et al., 2000).

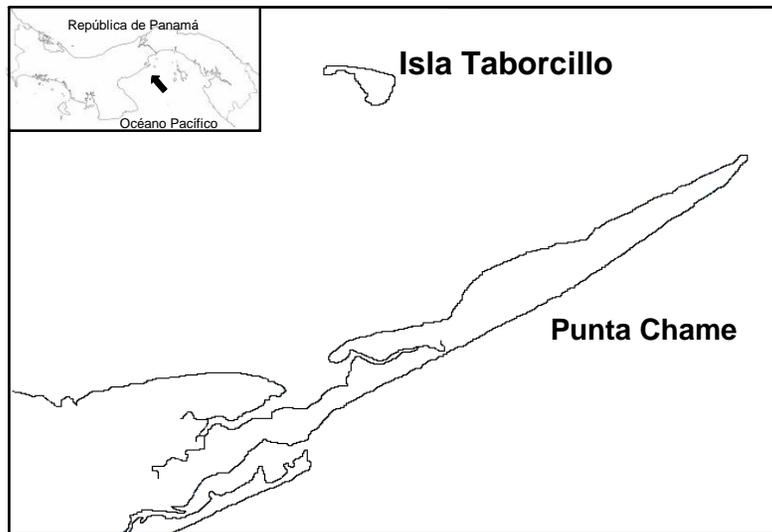
Muchos investigadores han encontrado correlación entre la concentración de metales en agua de mar y sedimentos marinos con el nivel acumulado en los organismos marinos que usan las branquias como ruta de ingestión nutritiva y organismos bénticos, respectivamente (Roditi & Fisher 1999).

Lakshmanan & Nambisan (1983), en los moluscos bivalvos *Villorita cypirinoidea* var. *Cochinensis*, *Meretrix casta* y *Perna viridis* consiguieron la concentración de Pb baja, sin embargo, para el Cu fueron comparable en las tres especies. Asimismo, notaron que los niveles de Cu, Zn, Fe y Pb en todas estas especies variaron importantemente en los tejidos y mostraron un patrón definido con la estación del año. Altas concentraciones de septiembre a diciembre, relacionados con períodos de lluvia y baja salinidad, y bajas concentraciones en los meses de verano, cuando la salinidad y el pH son altos.

El Cu es un elemento esencial para el normal crecimiento de los organismos marinos, pero no el Cd y Pb, sin embargo, la bioaccesibilidad de estos metales depende de la especie química presente (generalmente, el estado de oxidación +2 es el más tóxico), del pH, de la salinidad, de factores biológicos, etc. Los organismos son capaces de acumularlos en sus tejidos, transferirlos a través de la cadena trófica y provocar su magnificación en los niveles bióticos superiores (excepto Cu). Esto constituye un grave riesgo para las comunidades humanas que los incorporan a su dieta (Sadiq 1992). En este sentido, se consideró interesante determinar la concentración de cadmio, plomo y cobre en gónada-glándula digestiva (GGD), resto del tejido blando (RT) y en el tejido blando completo (TBC) del bivalvo *Anadara tuberculosa*.

ÁREA DE ESTUDIO

El muestreo se realizó en el manglar de la Isla de Taborcillo, Bahía de Chame, Distrito de Chame, en el extremo occidental Pacífico de la Provincia de Panamá, a unos 65 km de la capital, aproximadamente entre 8° 33' 00" y 8° 44' 44" de latitud norte y entre 79° 42' 00" y 79° 77' 00" de longitud occidental (Fig. 1). La extensa línea costera de la bahía (50.44 km²) está bañada por los ríos Salado-Capira, Sajalices y Lagarto, posee una basta zona de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y algunos asentamientos humanos dedicados a la pesca artesanal, cultivo de camarones y la extracción de mangles para la producción de carbón.



MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *Anadara tuberculosa* fueron colectados durante los meses de octubre de 1998 hasta marzo de 1999 y trasladados, en una cava con aireación continua, a los Laboratorios Marinos de la Universidad de Panamá. Allí fueron separados, congelados y etiquetados en bolsas plásticas hasta su análisis.

Cada mes la gónada – glándula digestiva (GGD) de veinte especímenes fueron separados del resto del tejido blando (RT). En otros veinte organismos se retiró el tejido blando completo (TBC). Todos ellos fueron secados en un horno a 60°C durante 72 horas hasta peso constante y luego calcinados en una mufla a 350°C por 1 hora. Las cenizas fueron sometidas a digestión seca en HNO₃ 50% v/v (Merck) y filtradas con papel Albet 135 para análisis cuantitativo, sin cenizas. El volumen recogido se completó hasta exactamente 25 mL con agua nanopura. En estas soluciones se determinaron Cd, Pb y Cu mediante un espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer 3110, con llama aire acetileno y lámpara correctora de deuterio, usando las longitudes de onda característica para cada metal, siguiendo la metodología establecida por Dalziel & Baker (1983).

Los resultados de las concentraciones de Cd, Pb y Cu, tanto en GGD, RT como en TBC, fueron expresados como $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco (p.s.). Los análisis fueron comparados con material de referencia (Standard Reference Material 1566^a Oyster tissue, US Department of commerce, Technology, Gathersburg, MD).

Una vez determinadas las concentraciones se realizaron análisis de varianza entre la acumulación del metal dependiendo del tipo de tejido, meses y época del año (Sokal & Rohlf 1997; SYSTAT 6.0, 1996).

RESULTADOS

Cadmio

El cadmio se acumuló en el siguiente orden: gónada –glándula digestiva (GGD) < resto de tejido blando (RT) < tejido blando completo (TBC). Y sus concentraciones decrecieron desde la época lluviosa (octubre) hasta el final de la seca (marzo). El máximo contenido en RT fue $3.90 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, mientras que en GGD resultó $0.75 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Este metal no fue detectado (nd) en RT, ni en GGD en los meses de noviembre y marzo, respectivamente (Fig. 2).

Al observar la variación temporal de las concentraciones en el TBC (Fig. 3), se nota un decaimiento brusco desde octubre ($4.60\mu\text{g.g}^{-1}$) hasta noviembre (nd), en diciembre se incrementa a $2.47\mu\text{g.g}^{-1}$, decrece en enero ($0.69\mu\text{g.g}^{-1}$) y febrero ($0.07\mu\text{g.g}^{-1}$) y aumenta levemente en marzo ($0.82\mu\text{g.g}^{-1}$). Por otro lado, el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas en el Cd acumulado en los tejidos durante los diferentes meses y entre el tipo de tejido y el mes (Cuadro 1).

Plomo

La mayor acumulación de Pb en GGD ($5.32\mu\text{g.g}^{-1}$) y RT ($7.79\mu\text{g.g}^{-1}$) ocurrió en el mes de noviembre, concentración mínima en GGD ($0.38\mu\text{g.g}^{-1}$) y no fue detectado en el mes de octubre en RT (Fig. 4). En noviembre, el nivel acumulativo fue el más alto para el organismo completo ($13.06\mu\text{g.g}^{-1}$; Fig. 5), decae en los meses de diciembre ($8.34\mu\text{g.g}^{-1}$) y enero ($1.11\mu\text{g.g}^{-1}$) y se incrementa ligeramente en febrero ($5.00\mu\text{g.g}^{-1}$) para luego disminuir de nuevo en marzo ($2.78\mu\text{g.g}^{-1}$). Cabe destacar la acumulación antagónica que manifiestan Cd y Pb en los distintos meses, sin embargo su acumulación mostró el mismo comportamiento en cuanto a los tipos de tejidos que el Cd y Cu: $\text{GGD} < \text{RT} < \text{TBC}$. El análisis estadístico revela diferencias altamente significativas en la acumulación del Pb en los tejidos en el tiempo (Cuadro 1).

Cobre

Durante la estación lluviosa, la concentración en GGD estuvo comprendidas entre 0.36 y $0.42\mu\text{g.g}^{-1}$, mientras que en la estación seca entre 0.07 y $0.29\mu\text{g.g}^{-1}$. En el RT, el contenido del metal varió de $0.08\mu\text{g.g}^{-1}$ (marzo) a $0.58\mu\text{g.g}^{-1}$ (diciembre), sin guardar relación con temporada en particular (Fig. 6).

Al determinar la concentración total del organismo (Fig. 7) se encontró $0.88\mu\text{g.g}^{-1}$ en octubre, luego disminuye en noviembre a $0.64\mu\text{g.g}^{-1}$, alcanza $0.99\mu\text{g.g}^{-1}$ (valor máximo) en diciembre y decae paulatinamente hasta marzo ($0.17\mu\text{g.g}^{-1}$). El análisis de varianza mostró solo diferencias muy significativas entre la concentración de Cu en los tejidos y la temporada de estudio (Cuadro 1).

La abundancia de metales en los tres tipos de tejido fue $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu}$.

Cuadro 1. Valores de F de los análisis de varianza para determinar diferencia significativa entre tejidos, tiempo y la interacción de tiempo y tejidos para los diferentes metales en digestión seca. *=P<0.05, **=P<0.01, ***=P<0.001, ns=no significativo

Metales	Tratamientos		
	Meses	Tejidos	Meses*Tejidos
Cadmio	55.77 ***	133.92 ***	32.64***
Plomo	11.03 ***	0.06 ns	0.83 ns
Cobre	5.80 **	0.70 ns	0.46 ns

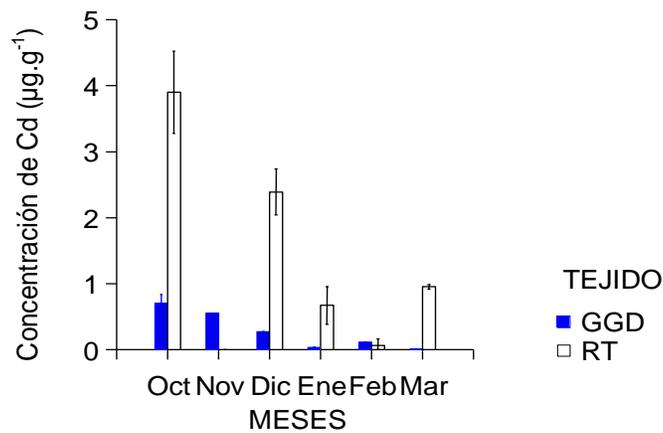


Fig. 2. Concentración de Cd, en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco, en la gónada-glándula digestiva (GGD) y el resto de tejido (RT) de *Anadara tuberculosa* durante la estación lluviosa (Octubre.-Diciembre 1998) y la estación seca (Enero-Marzo 1999).

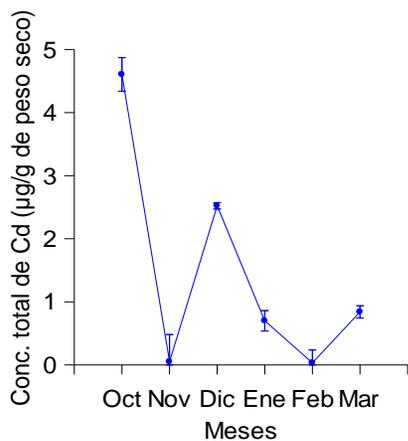


Fig. 3. Concentración total de Cd en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco) en *Anadara tuberculosa* durante la estación lluviosa (Octubre-Diciembre 1998) y la estación seca (Enero -Marzo 1999).

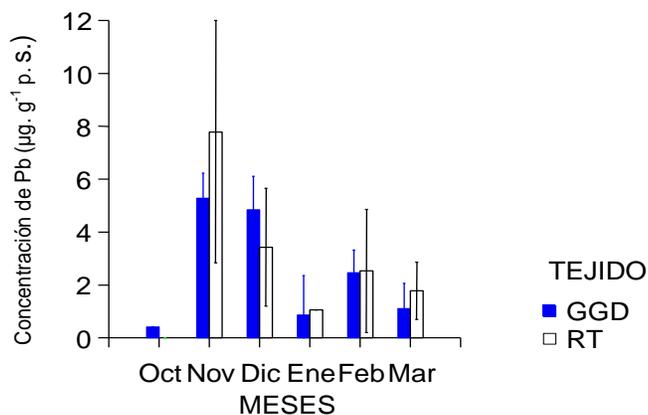


Fig. 4. Concentración de Pb en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco en gónada-glándula digestiva (GGD) y resto de tejido (RT) de *Anadara tuberculosa* durante la estación lluviosa (Octubre-Diciembre 1998) y la estación seca (Enero-Marzo 1999).

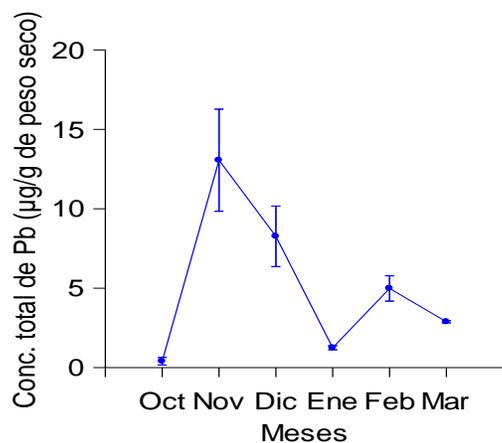


Fig. 5. Concentración total de Pb en $\mu\text{g. g}^{-1}$ peso seco de *Anadara tuberculosa* durante la estación lluviosa (Octubre - Diciembre 1998) y la estación seca Enero-Marzo 1999).

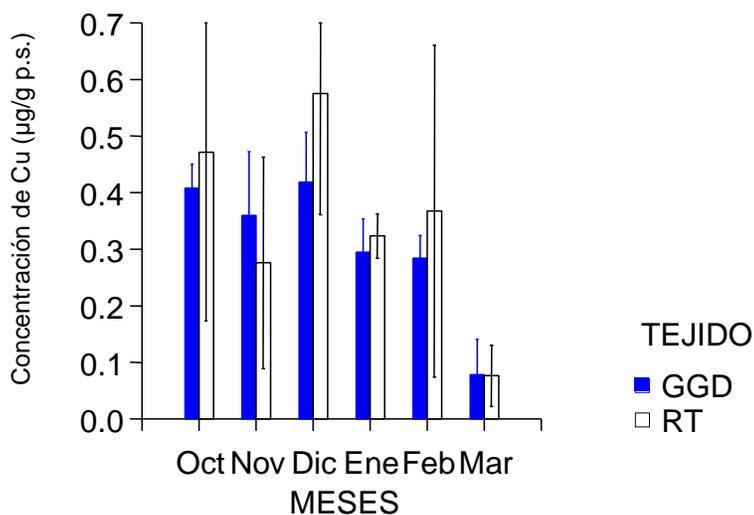


Fig. 6. Concentración de Cu en $\mu\text{g.g}^{-1}$ peso seco en gónada-glándula digestiva (GGD) y resto de tejido (RT) de *Anadara tuberculosa* durante la estación lluviosa (Octubre-Diciembre 1998) y la estación seca (Enero - Marzo 1999).

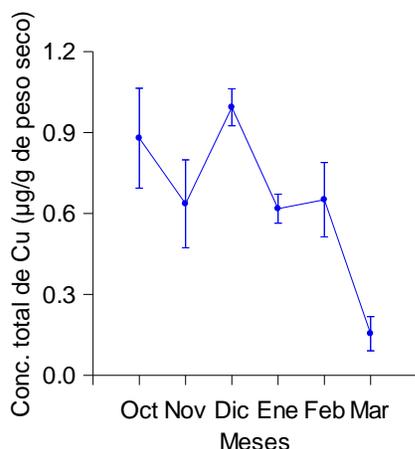


Fig. 7. Concentración total de Cu en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco en *Anadara tuberculosa* durante la estación lluviosa (Octubre - Diciembre 1998) y la estación seca (Enero-Marzo 1999).

DISCUSION

Muchos investigadores han informado que los moluscos y crustáceos son los organismos marinos que acumulan más cadmio: $0.88 - 23 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (especies comerciales) y $9 - 500 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, (especies no comerciales). Las concentraciones de Cd en *Anadara tuberculosa* se asemejan al intervalo de 0.77 a $3.16 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ encontrado por Bou-Alayan et al. (1995) en la ostra *Pinctada radiata* en una costa de Kuwait en donde ocurrió un derrame petrolero y al de $0.9 - 5.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ registrado por De Gregori et al. (1994) en Navajuela y Almeja chilena, sin embargo son inferiores a $10.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ cuantificado por Krishnakumar & Bhat (1998) en ostras de la India.

El patrón estacional de acumulación de Cd coincide con el observado por Laksmanan & Nambisan (1983) en moluscos bivalvos: altas concentraciones en períodos lluviosos de baja salinidad y pH, y bajas concentraciones en época seca de alta salinidad y pH. Este hecho sugiere que la salinidad parece jugar un papel importante en la concentración del metal en las partes blandas, puesto que en estas condiciones puede ser más accesible a la biota.

De Gregori et al. (1994) cuantificaron altos contenidos de Pb, Cd, y Cu en el tejido blando completo de las Navajuelas y Almejas chilenas, y resaltaron que el Pb, Cd y Cu se acumulaban preferiblemente en las vísceras, branquias y gónadas. Este resultado coincide con el obtenido en *Anadara tuberculosa* y parece indicar que puede haber una relación entre el estado de desarrollo de la gónada y la cantidad de Cd acumulado, probablemente relacionados con la reproducción y adaptación estacional (Cossa et al., 1980).

El Cd es un metal muy tóxico para los organismos marinos y humanos por lo que se considera importante cuantificar las entradas antropogénicas que permanecen disueltas en el mar, así como la forma química que se presenta en los sedimentos. Su estado de oxidación, en ambientes considerados naturales, es Cd (II) y no se afecta directamente por las condiciones redox.

Este metal puede formar cloruros y complejos orgánicos y ocasionar daños fisiológicos cuando se presentan en alta concentraciones, pues perturba los procesos metabólicos responsables de la biosíntesis de los lípidos en las membranas, altera el balance Na/K/Ca y determina el reemplazo del Ca produciendo selectividad en su paso por las membranas con un incremento en la concentración interna (Viarengo 1985; Chelomin & Belcheva 1990).

La concentración de Pb fue baja, si se compara con $112.5\mu\text{g. g}^{-1}$ encontrada en el sedimento (Durán 2000) y a la contenida en *Pinctada radiata* (10.68- 18.66) de Kuwait (Bou-Olayan et al., 1995), a $70.5\mu\text{g. g}^{-1}$ reportada por Krishnakumar & Bhat (1998) en tejidos de ostras y a $18.66\mu\text{g. g}^{-1}$ contenida en *Pinctada radiata* de Kuwait, pero similar a $13.40\mu\text{g. g}^{-1}$ registrado por Fuentes & Gómez (2000) en *Ascidia nigra* de dos zonas costeras venezolanas, las cuales reciben aportes del tráfico automotor y marítimo que se introducen al medio marino al caer de la atmósfera. Los compuestos alquílicos hidrofílicos son los compuestos de Pb más biotóxicos y comúnmente se presentan en organismos marinos. Bou-Olayan et al. (1995) concluyeron que los altos niveles mostrados se debían a descargas de efluentes industriales y aguas municipales.

La distribución temporal del Pb fue antagónica con respecto al Cd, lo que probablemente indica no sigue un patrón de acumulación estacional, a diferencia del Cd y Cu.

Las concentraciones en *Anadara tuberculosa* estuvieron muy por debajo de los valores encontrados en tejidos del mejillón *Perna viridis*, la ostra *Crassostrea cucullata* y la almeja *Meretrix casta* de 128 - 201 $\mu\text{g. g}^{-1}$, en la costa oeste de la India (Krishnakumar & Bhat 1998) y de 1,01 - 1,18 $\mu\text{g. g}^{-1}$ de la ostra perlífera *Pinctada radiata* de una costa de Kuwait que resultó impactada por un derrame petrolero y recibe desechos de una industria petroquímica (Bou-Olayan et al., 1995). Se presume que el Pb reemplazó al Cu. A su vez los resultados se distinguen mucho de los reportados por Ahumada (1994) en la Bahía de San Vicente (Chile): *Tagelus dombeii* (7.6-8.8 $\mu\text{g. g}^{-1}$), *Choromytilus chorus* (13.0 $\mu\text{g. g}^{-1}$), *Glycimeris ovatus* (13.0 $\mu\text{g. g}^{-1}$), *Cancer coronatus* (10.0 $\mu\text{g. g}^{-1}$).

La distribución temporal de las concentraciones de Cu en *Anadara tuberculosa* permite deducir un patrón estacional coincidiendo en este sentido con la distribución del Cd, concentraciones superiores en la temporada lluviosa (baja salinidad y pH) e inferiores en la seca (alta salinidad y pH). Los contenidos se mantuvieron prácticamente constantes en cada temporada. Probablemente porque en la época de baja salinidad se incrementa la cantidad de especies iónicas en solución (Lakshmanan & Bhat 1983). Otros investigadores han observado baja concentración del metal durante el período de alta productividad, y establecen que la incorporación de metales al fitoplancton reduce el contenido de iones disueltos en el agua.

Los organismos marinos que usan branquias como principal ruta de nutrientes, pueden acumular Cu en respuesta a la concentración en el agua de mar y sedimentos. El Cu no es bioacumulado en los niveles tróficos superiores. Aunque el Cu exhibe comportamiento de nutriente, estudios previos sobre efectos fisiológicos demuestran la alta toxicidad y efectos mortales. Su ingreso al medio marino como contaminante es meramente antropogénico y su toxicidad parece resultar de su interacción con las membranas celulares, las cuales son lábiles a los procesos lipoperoxidativos. El incremento en la formación de radicales libres y la peroxidación lipídica puede conllevar a un stress celular severo.

La legislación española establece que el límite permitido de Cd, Pb y Cu en moluscos frescos que se consumirán como alimento debe ser 1, 5 y 20 ppm peso seco (De Gregori et al., 1994), es decir que la *Anadara* de la Bahía de Chame contiene altos niveles de Cd y Pb, probablemente de fuentes antropogénicas que afecta su habitat.

Es bien conocido que los moluscos bivalvos por ser organismos filtradores acumulan altos niveles de contaminantes (por ejemplo metales pesados). La contaminación está asociada con la materia particulada suspendida en la columna de agua, y el plancton ingerido durante el proceso de filtración.

Debido a que los metales pesados no son biodegradables se acumulan favorablemente en los tejidos viscerales. La forma como se acumulan no está muy dilucidada y se ha especulado sobre su fuerte enlazamiento con proteínas de bajo peso molecular como las metalotioneinas (Sadiq 1992). De hecho, los metales pesados son capaces de inducir la síntesis de las metalotioneinas, considerado esto como el evento más importante en la homeostasis y regulación intracelular de metales esenciales como el Zn y Cu, y en la detoxificación de cationes xenobióticos divalentes como el Cd, Pb y Hg (Mouneyrac et al., 1998, Fuentes & Gómez 2000).

El alto contenido de Cd y Pb en los organismos pueden ser atribuidos a fuentes naturales y antropogénicas que afectan el agua y sedimentos del hábitat, por ejemplo, residuos domésticos e industriales arrastrados por los ríos que desembocan en la Bahía de Chame, la circulación de vehículos automotores y marítimos. Sin embargo el Cu parece ser natural.

CONCLUSIONES

El metal más abundante en los tejidos de *Anadara tuberculosa* fue el Pb y el más escaso el Cu. La acumulación de estos metales resultó menor en la gónada glándula digestiva que en el tejido blando restante, mostrando el Cd y Cu un patrón estacional de acumulación, más no el Pb, el cual parece ser transferido al agua de mar por fuentes antrópicas.

REFERENCIAS

- Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb, y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile. *Rev. Bio. Mar*, Valparaíso, Vol. 29 (1): 77-87.
- Bou-Olayan, A., S. Al-Mattar, S. Al-Yakoob & S. Al-Hazeem. 1995. Accumulation of lead, cadmium, copper and nickel in the oyster *Pinctada radiata* from Kuwait. *Mar. Pollut. Bull.* 30 (3): 225-231.
- Chelomin, V. P. & N. N. Belcheva. 1990. Alterations of microsomal lipid synthesis in gills of bivalve mollusc *Mizuhopecten yessoensis* in response to cadmium accumulation. *Comp. Biochem. Physiol.* 99C (1/2): 1-5.
- Cossa, D. E. B., D. Pouliot, J. Piuze & J. Chanut. 1980. Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 58, 7-14.
- Dalziel, J. & C. Baker. 1983. Analytical methods for measuring metals by atomic absorption spectrophotometric. *FAO Fish. Tech.* Vol. 212: 14-20.
- De Gregori, D., D. Delgado, H. Pinochet, N. Gras, L. Muñóz, C. Bruhn & G. Navarrete. 1994. Cadmium, lead, copper and mercury levels in fresh and canned bivalve mussels *Tagelus dombeii* (Navajuela) and *Semella sólida* (Almeja) from the Chilean coast. *Sci. Total Environ.* 148:1-10.
- Durán, I. 2000. Determinación de metales pesados en *Anadara tuberculosa* en el manglar de la Isla de Taborcillo, Punta Chame. Tesis de licenciatura, Universidad de Panamá, 117 pp.
- Fuentes, M. V. & J. A. Gómez. 2000. Metales trazas en *Ascidia nigra* (Savigny, 1816) colectadas en zonas costeras del Estado Sucre, Venezuela. *Scientia (Panamá)*, 15(2):45-59.
- Krishnakumar, P. K. & G. S. Bhat. 1998. Heavy metal distribution in the biotic and abiotic matrices along Karnataka coast, west coast of India. *Indian J. Mar. Sci.* 27: 201-205.

Laksmanan, P. & P. Nambisan. 1983. Seasonal variations in trace metal content in bivalve mollusks, 12: 100-103.

Mouneyrac, C., J. C. Amiard & C. Amiard-Triquet. 1998. Effects of natural factors (salinity and body weight) on cadmium, copper, zinc and metallothionein-like protein levels in resident populations of oysters *Crassostrea gigas* from a polluted estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 162: 125-135.

Munger, C., H. Landis & A. Tessier. 1999. Cadmium sources and exchange for *Chaoborus* larvae nature. Limnol. Oceanogr. 44(7):1763-1771.

Pacyna, J., M. Scholtz & Y. Li. 1995. Global budget of trace metal source. Environ. Rev. 3:145-159.

Ponce, R., J. Forja & A. Parra. 2000. Influencia de la actividad antropogénica en la distribución vertical de Zn, Cd, Pb y Cu en agua intersticial y sedimentos marinos costeros (Bahía de Cádiz, S. W. de España). Ciencias Marinas, 26(3):479-502.

Roditi, H. & N. Fisher. 1999. Rates and routes of trace element uptake in Zebra mussels. Limnol. Oceanogr. 44(7):1730-1749.

Sadiq, M. 1992. Toxic Metal Chemistry in Marine environments. Marcel Dekker Inc., New York. 390pp.

Sokal, R. & J. Rohlf, 1997. Biometría: Principios y Métodos estadísticos en la Investigación Biológica. Madrid: Heroes SA. 832.

SYSTAT 6.0 for windows. Sthatics. 1996. Chicago: Microsoft Corporation. SPSS Inc. 600 .

Viarengo, A. 1985. Efectos bioquímicos de los metales trazas. Mar. Poll. Bull. Vol. 16. N°4. 153-158.

Recibido enero de 2004, aceptado febrero de 2004.