

BIOACUMULACIÓN DE CADMIO EN OSTRAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA

Ganiveth Manjarrez Paba¹

Ildefonso Castro Angulo²

Leidys Utria Padilla³

Recibido: 29/02/2008

Aceptado: 31/10/2008

RESUMEN

La Bahía de Cartagena es una de los cuerpos de agua más contaminados de la ciudad, probablemente debido a las industrias que yacen a su alrededor, algunas de las cuales vierten sus desechos en ella, con poco o ningún tipo de tratamiento.

Actualmente, los metales pesados como el cadmio, las operaciones de dragado y relleno, los efluentes térmicos y la sedimentación están causando la degradación de los ecosistemas de la bahía a una tasa alarmante. Esta investigación determinó las concentraciones de cadmio en ostras capturadas en seis puntos estratégicos de la bahía: Álcalis, Bocachica, Caño de Loro, Caño Zapatero, Ciénaga Honda y Zona Franca.

Los resultados revelaron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de concentración de Cd en ostras en cada uno de los muestreos realizado, y que Ciénaga Honda y Bocachica fueron las estaciones donde se detectó mayor concentración del metal en ostras (25,79 mg Cd/kg y 15,11 mg Cd/kg, respectivamente).

Este estudio evidencia el peligro al que están expuestos los consumidores de ostras capturadas en la Bahía de Cartagena, y permite alertar a las autoridades competentes sobre la vigilancia del control en los puntos críticos.

Palabras clave: ostras, cadmio, contaminación, aguas, metal, Cartagena.

-
- 1 Magíster en Microbiología. Coordinadora de Investigaciones. Programa de Ingeniería Ambiental. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Líder del Grupo de Investigaciones Ambientales (GIA). Dirección: Pie de la Popa Conjunto Residencial San Felipe Bloque I Apto 201 Teléfono: 3114119020 - 3162453934 - 6725290 Ext 115. E-mail: gany83@yahoo.es, gmanjarrez@tecnologicocomfenalco.edu.co Fax: 6790824
 - 2 Químico Farmacéutico, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Docente de Diagnóstico y Tratamiento de Aire. Programa de Ingeniería Ambiental Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Miembro del Grupo de Investigaciones Ambientales (GIA). Profesional Especializado del Laboratorio de Calidad Ambiental. CARDIQUE. Dirección: Las Delicias Transversal 54 N° 64-19. Apto 402 - Cartagena. Teléfono: 3157367179. E -mail: foncas2001@yahoo.com
 - 3 Estudiante X semestre de Ingeniería Ambiental. Miembro del semillero de Investigaciones Ingenio Ambiental. Dirección: Libano, Calle 1° de Mayo N° 49-21. Teléfono: 6698854 - 3145551549. E -mail: utriapadilla@yahoo.es

BIO-ACCUMULATION CADMIUM IN OYSTERS OF CARTAGENA BAY

ABSTRACT

Cartagena Bay is one of the most contaminated bodies of water in the city, probably due to the industries around it; some of them dispose of their waste in it, with little or no treatment.

Currently, heavy metals such as cadmium, dredging and filling, thermal effluents and sedimentation are causing the degradation of the ecosystem of the bay at an alarming rate. This investigation found concentrations of cadmium in oysters which are caught in six strategic points of the Bay: Álcalis, Bocachica, Caño Loro, Caño Zapatero, Cienaga Honda, and the Free Zone.

The results showed that there were no statistically significant differences between the mean values of Cd concentrations in oysters in each one of the samples taken, and that Cienaga Honda and Bocachica were the places where the highest concentration of metal in oysters was detected (25.79 mg Cd/kg and 15.11 mg Cd/kg, respectively).

This study demonstrates the risk people who consume oysters have at the Bay of Cartagena and allows warning relevant authorities about the control at critical points.

Key words: Oysters, Cadmium, Pollution, Water, Metal, Ca.

INTRODUCCIÓN

El cadmio (Cd) es un elemento metálico blanco plateado que se puede moldear fácilmente; su número atómico es 48 y se comporta como un elemento de transición del grupo 12 (o IIB) del sistema periódico. El cadmio fue descubierto en 1817 por el químico alemán *Friedrich Stromeyer*, en las incrustaciones de los hornos de cinc.

Este metal es considerado el más móvil en el ambiente acuático y una de sus principales características es que es bioacumulativo y persistente en el ambiente ($t_{1/2}$ de 10-30 años) se encuentra en aguas superficiales y subterráneas, ya sea como un ión hidratado +2, o como un complejo iónico con otras sustancias inorgánicas u orgánicas (USPHS 1997).

Su estudio como sustancia contaminante comienza con los dramáticos acontecimientos ocurridos en Tojama (Japón) donde súbitamente apareció una misteriosa enfermedad llamada "itai-itai" que produjo más de 40 muertos en un total de más de 125 casos de intoxicación ocurridos hasta 1972, estos casos se constituyeron en la primera alerta sobre este peligroso metal que tarda más de 30 años en ser eliminado del cuerpo humano.

Este metal se acumula en los organismos marinos a través de la cadena trófica y en puertos principales como la Habana, Kingston, San Juan, Veracruz, *Cartagena*, Puerto Cabello y Puerto España, los sedimentos marinos retienen fuertes concentraciones de metales pesados, por ejemplo el cobre, *cadmio*, cromo, plomo, zinc y mercurio, acumulados como resultado de previas actividades de tratamiento y descarga (ver al respecto www.cep.unep.org).

La contaminación marina en la costa caribe colombiana se deriva de múltiples fuentes, incluyendo el petróleo y sus derivados, minerales, contaminantes urbanos e industriales y contaminantes agrícolas. El dragado también interfiere con los

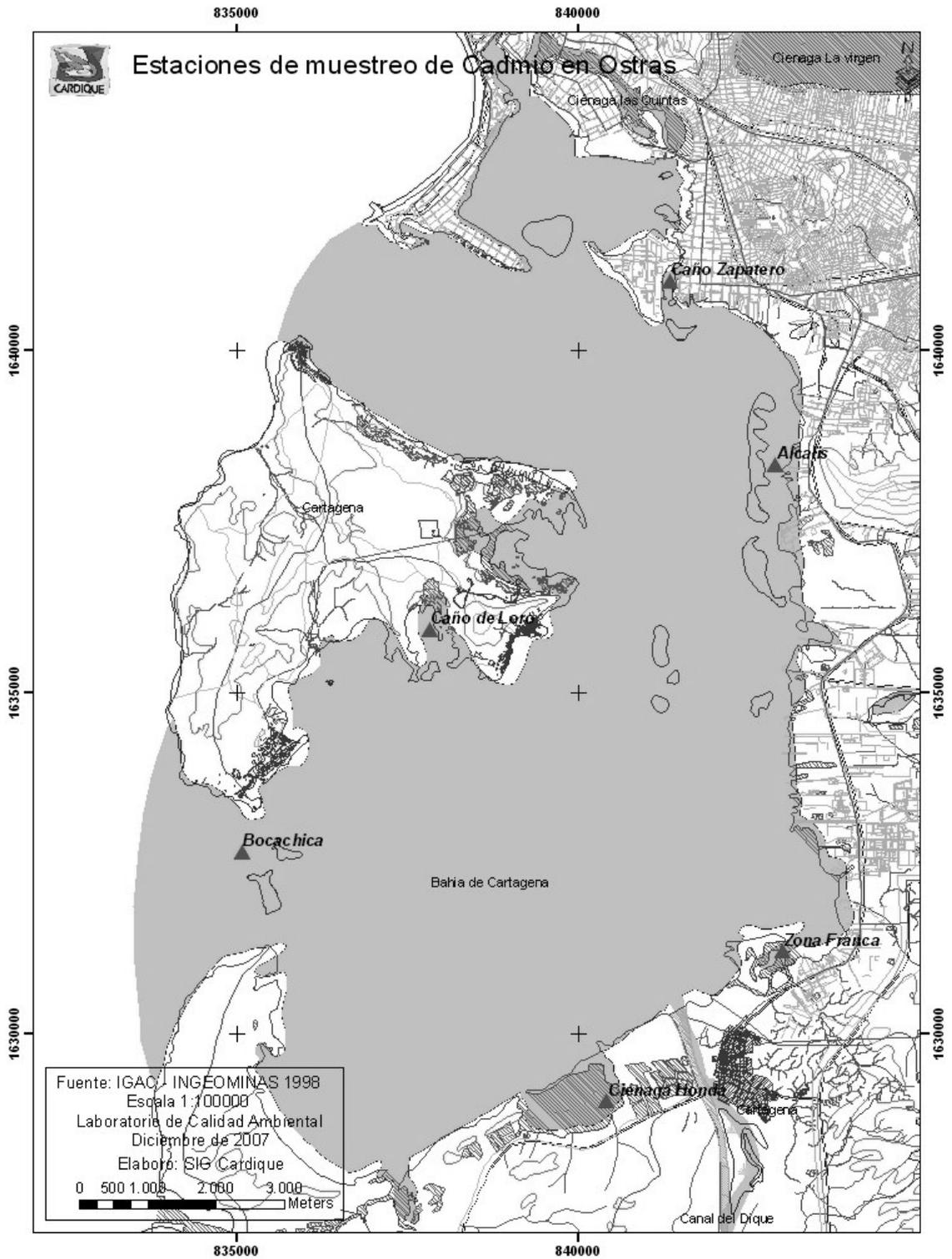
sedimentos contaminados y hace que estos pasen a la columna de agua donde son ingeridos por organismos marinos tales como las ostras.

En Cartagena de Indias el problema radica en que es una de las ciudades de la costa caribe donde la vida de gran parte de sus habitantes está estrechamente ligada al mar, al turismo y a la explotación de distintos rubros pesqueros. La pesca artesanal de ostras en Cartagena constituye hoy en día un ingreso económico importante, ocupando el tercer lugar luego de la actividad industrial y agropecuaria (Observatorio del Caribe Colombiano, 2006).

Las ostras, además de formar parte de la cadena trófica, están siendo utilizadas como recurso alimenticio e indicadores de contaminación y de estrés funcional en ecosistemas costeros (Grau et al., 2004). Estos organismos marinos son los más impactados por la contaminación, por su condición de organismos filtradores que bioacumulan a través del bombeo del agua gran cantidad de bacterias patógenas, toxinas marinas y *trazas de metales* (Lee y Morgan, 2003).

Desde hace más de dos décadas y hasta la actualidad se ha propuesto el uso de moluscos como las ostras, para evaluar el comportamiento espacial y temporal de metales en ambientes costeros (Le Bris y Pouliquen, 2004). Entre las características favorables de los moluscos está la capacidad de bioacumular los contaminantes a partir del alimento y del sedimento, en concentraciones que exceden considerablemente a las encontradas en el ambiente; son sedentarios y de amplia distribución geográfica (Phillips y Rainbow, 1993).

Este artículo presenta los resultados de niveles de cadmio en ostras capturadas en la bahía de Cartagena entre los meses de marzo y agosto de 2007, y tiene como fin evidenciar el riesgo de nativos y turistas tras el consumo de productos marinos exóticos como las ostras, y alertar a las autoridades competentes sobre la vigilancia del control en los puntos críticos.



Fuente: IGAC - INGEOMINAS, 1998

Figura 1. Localización del área de estudio en la bahía de Cartagena. Los triángulos muestran los puntos de muestreo donde se capturaron las ostras.

MATERIALES Y MÉTODOS

La bahía de Cartagena es la más grande de la costa norte de Colombia, con una longitud de nueve millas. Es considerada uno de los cuerpos de agua más contaminados de la ciudad, probablemente debido a las industrias que yacen a su alrededor, algunas de las cuales vierten sus desechos en ella, con poco o ningún tipo de tratamiento.

Algunas de estas industrias están dedicadas al manejo de cadmio o a sus derivados y los emplean en la fabricación de PVC, vidrio, pinturas, pilas, galvanotecnia, fotografía, tintorería, acero, soldaduras de cañerías y petróleo.

En el período comprendido entre marzo y agosto de 2007, fueron capturadas al azar, en total, 158 ostras distribuidas en los siguientes puntos de muestreo: Álcalis, Bocachica, Caño de Loro, Caño Zapatero, Ciénaga Honda y Zona Franca (tabla 1 y figura 1).

Tabla 1. Número de ostras capturadas en los diferentes puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas	Nº de ostras Capturadas				Total
		marzo abril	mayo junio	julio agosto		
Álcalis	N: 10°18'55,6" W: 075°34'51,5"	15	15	2	32	
Bocachica	N: 10°18'55,6" W: 075°34'51,5"	9	12	2	23	
Caño de Loro	N: 10°18'55,6" W: 075°34'51,5"	14	15	2	31	
Caño Zapatero	N: 10°18'55,6" W: 075°34'51,5"	12	15	2	29	
Ciénaga Honda	N: 10°18'55,6" W: 075°34'51,5"	10	15	2	27	
Zona Franca	N: 10°18'55,6" W: 075°34'51,5"	14	0	2	16	
Total de muestras		74	72	12	158	

Fuente: elaboración propia.

Luego de su captura las ostras fueron transportadas al laboratorio de Biología de la Ciudad Escolar Comfenalco, para su pretratamiento, en el cual cada tejido de ostra fue pesado por separado en una balanza analítica de precisión $\pm 0,001$ g, y deshidratado en un horno a 70°C hasta obtener peso constante.

Posteriormente, se procedió al triturado, homogeneizado y pesado de sus tejidos; principalmente músculo aductor y lóbulos gonadales, mediante técnica descrita por el programa conjuntos FAO/OMS sobre normas alimentarias "Comisión del Codex Alimentarius" Roma-Italia 4/9 de julio del 2005.

Los tejidos de ostras fueron depositados en tubos de ensayo para proseguir con el proceso de digestión, el cual se llevó a cabo según las recomendaciones descritas por Bryan *et al.* (1985) con algunas modificaciones. Las muestras se colocaron en matraces de 100 mL, a los cuales se les agregó 5 mL de una solución compuesta de ácido nítrico y ácido perclórico (4:1) y se sometieron a calentamiento a 60°C evitando el burbujeo, hasta la eliminación de partículas sólidas visibles.

Posteriormente, se prosiguió al filtrado de las muestras diluyéndolas en agua deionizada y utilizando papel Whatman N° 40, hasta alcanzar un volumen de 25 ml. en matraces aforados.

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Calidad Ambiental de CARDIQUE en Solución con HNO₃ y HClO₄, y se conservaron refrigeradas a 5°C hasta el momento de la lectura del metal pesado, el cual se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica, utilizando un espectrofotómetro Varian FS - 220 con llama de aire-acetileno y corrector de fondo de deuterio y empleando procedimientos establecidos por Estándar Methods Edición 20. La conversión de los resultados reportados por Cardique a mg/Kg de ostras se realizó teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$ppm = \frac{\text{concentración de Cd} \frac{mg}{l} \times 0.025 l}{gr \text{ de ostras deshidratadas}} \times \frac{1000gr}{1kg}$$

La precisión del método fue verificada para determinar la calidad de los procedimientos analíticos, analizando muestras estándares de referencia y encontrando valores de desviación estándar muy bajos y comparables entre las diferentes determinaciones.

Para determinar diferencias entre la concentración de cadmio en las ostras, se aplicó la prueba t Student, según recomendaciones de Zar (1984). Para todos los casos, el nivel de significancia fue: $p < 0.05$.

RESULTADOS

El Cd es probablemente el elemento más biotóxico y considerado uno de los contaminantes más importantes por los efectos que produce sobre la biota marina (Sadiq, 1992). La tabla 2 presenta

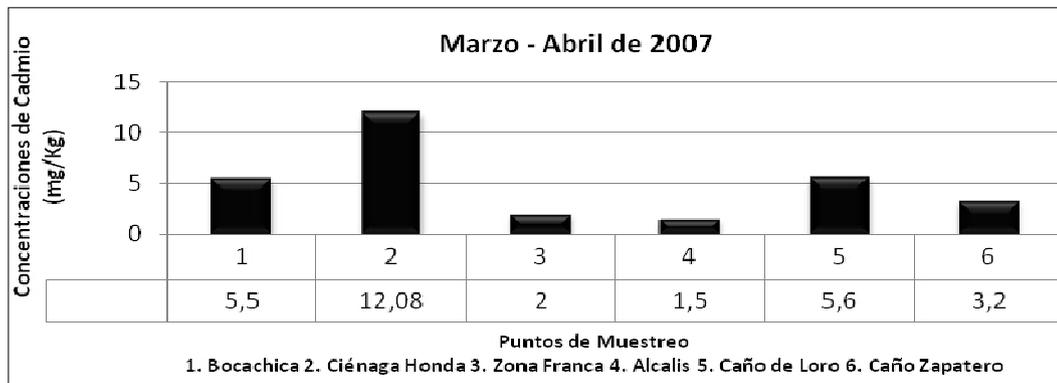
los valores medios de concentración de cadmio en cada uno de los muestreos realizados.

Tabla 2. Valores medios de concentración de Cd en ostras, en cada uno de los muestreos realizados.

MESES	MEDIA (mg-Cd/Kg- peso seco)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	P
marzo-abril 2007	4.98	3.9	0.2698
mayo-junio 2007	6.13	3.01	0.1578
julio-agosto 2007	21.33	20.36	0.2602
Promedio	10.81	9.1	0.2292

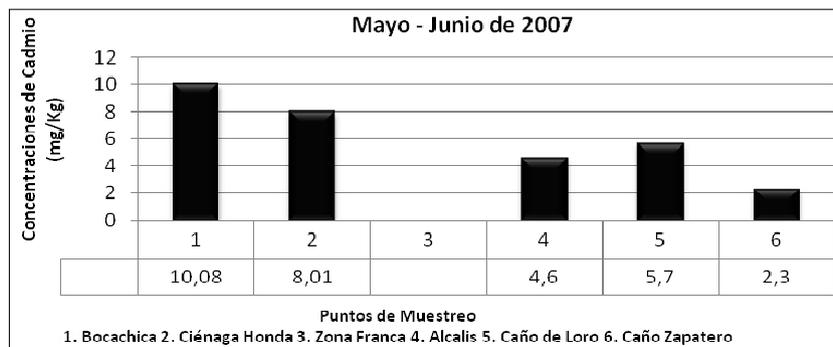
Fuente: elaboración propia.

Durante los diferentes períodos de muestreo se evidenciaron variaciones en las concentraciones de cadmio determinadas en ostras capturadas en la bahía de Cartagena, en las figuras 2, 3 y 4.



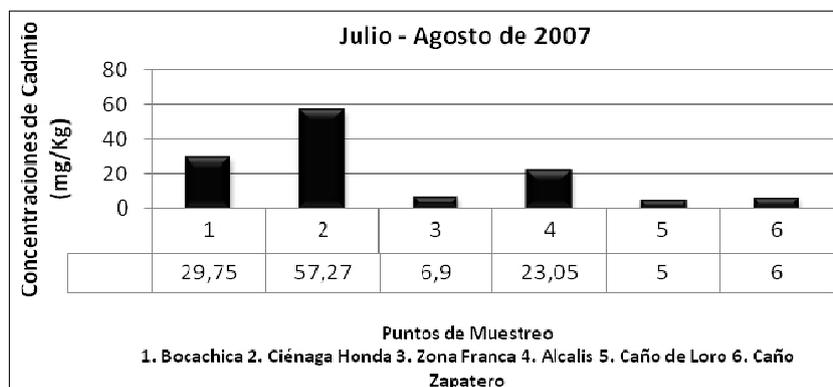
Fuente: IGAC - INGEOMINAS, 1998

Figura 2. Concentraciones de cadmio en ostras capturadas en la bahía de Cartagena entre los meses de marzo y abril de 2007.



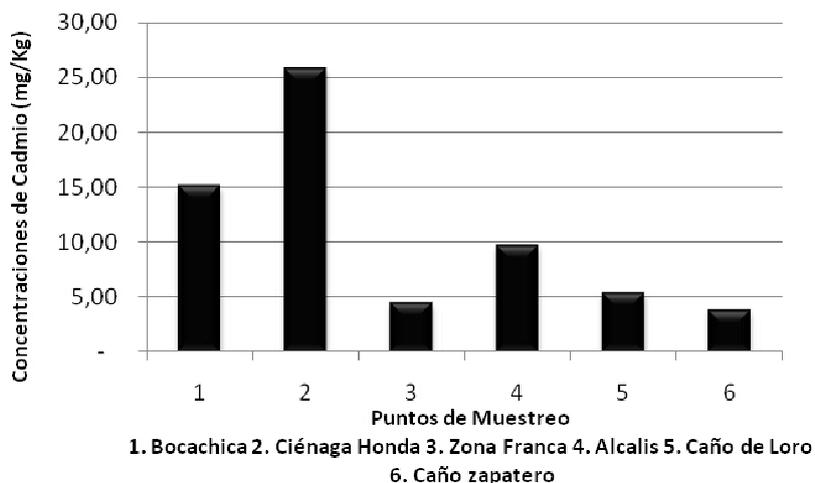
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Concentraciones de cadmio en ostras capturadas en la bahía de Cartagena entre los meses de mayo y junio de 2007.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Concentraciones de cadmio en ostras capturadas en la bahía de Cartagena entre los meses de julio y agosto de 2007.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Promedio de la concentración de cadmio en ostras capturadas en diferentes puntos de la bahía de Cartagena.

Los resultados obtenidos evidenciaron una tendencia de las ostras de bioacumular cadmio, en mayor proporción en aquellas capturadas en Ciénaga Honda y Boya Bocachica, como lo presenta la figura 5.

El SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal de Argentina) fija un máximo de 1 g/g peso húmedo (equivalente aproximadamente a 5 g/g peso seco) del tejido comestible de moluscos bivalvos, lo que indica que en las ostras capturadas en Bocachica, Ciénaga Honda y Álcalis se detectaron concentraciones de cadmio por encima del límite admisible para el consumo.

Estos altos niveles deben ser en gran medida la fuente desde la cual las ostras la incorporan a su organismo, teniendo en cuenta, en primer lugar, la alimentación bentónica que estas tienen durante una etapa de sus vidas, y en segundo lugar, la elevada asimilación de estos elementos con relación al bajo potencial de eliminación.

Adicionalmente, otros factores pueden contribuir en el proceso de bioacumulación del cadmio en las ostras, entre ellos la disponibilidad de alimento, los cambios en el flujo de material particulado y metales disueltos en el mar, el ciclo reproductor y los impactos antropogénicos que afectan la bahía.

La hipótesis de que en la bahía de Cartagena la presencia de cadmio en ostras estaba principalmente relacionada con los efluentes de las industrias ubicadas en la zona fue condicionada a la dinámica de movimiento de masas de aguas, las cuales pueden transferir y esparcir el cadmio a los puntos de toma de muestras más alejados de la zona industrial, como lo son Bocachica y Ciénaga Honda.

DISCUSIÓN

La contaminación del medio ambiente por metales pesados es un serio problema reconocido en el ámbito mundial. Los metales pesados se

destacan por su capacidad de concentración y bioacumulación, razón que les faculta para ingresar en la cadena trófica (Motas et al., 2003).

En relación con el impacto ambiental y social generado por las altas concentraciones de cadmio en ostras, los resultados de esta investigación permitirán presentar recomendaciones a las autoridades competentes y a la academia, para continuar con las determinaciones de este y otros metales en organismos, agua, sedimentos y efluentes de industrias aledañas a la bahía de Cartagena, y así determinar el aporte de estos a la contaminación del cuerpo de agua.

A partir de los años ochenta se masificó el uso de biomarcadores con el objeto de monitorear la contaminación ambiental; para esto se han utilizado peces y diferentes especies de moluscos bivalvos como las ostras (Blasco et al., 2003), las cuales se caracterizan por la capacidad que tienen de bioacumular en sus tejidos los contaminantes presentes en el medio (Narváez et al., 2005).

Los resultados de esta investigación difieren de otras en las que se determinó el metal en otro tipo de organismos marinos. Recientemente, en la región oriental de Venezuela, se estudió la presencia de diferentes metales pesados en camarones, resaltándose que en el 75% de las muestras estudiadas no se detectó la presencia de cadmio (Boada et al., 2007).

Los niveles de cadmio también han sido determinados en otros moluscos como las almejas. Cirugeda *et al.* (1982) obtuvo concentraciones de 184,2 mg/kg, un resultado muy elevado, si lo comparamos con los obtenidos en la presente investigación. En contraste con los anteriores, en otro estudio, Locatelli y Torsi (2001) determinaron bajas concentraciones de cadmio en estos moluscos (1,2 mg/kg).

Aunque biológicamente los moluscos poseen mecanismos de detoxificación de metales (Phillips 1995), estos pueden afectar los componentes ce-

lulares y disminuir el metabolismo mitocondrial. Tales efectos provocarían un desequilibrio en el balance energético de estos organismos marinos (Sokolova *et al.* 2005), resultando en una disminución generalizada del metabolismo celular (Ciocan y Rotchell 2004).

Las altas concentraciones de metales pesados en sedimentos marinos son también consideradas indicadores de contaminación. En estudios realizados en sedimentos superficiales de Playa Güiria (Venezuela), se encontraron valores por debajo del límite de $1,0\mu\text{g.g}^{-1}$ para sedimentos marinos no contaminados (Sadiq, 1992). No obstante, en Boca de Paparo (Venezuela) se reportaron valores muy superiores ($23,7\mu\text{g.g}^{-1}$), reafirmando los altos niveles en la zona e indicando el origen doméstico-industrial de dicha contaminación (Acosta *et al.*, 2002).

En conclusión, los valores de cadmio presente en las ostras capturadas durante los meses de marzo a agosto de 2007 en varios sitios de la bahía de Cartagena excedieron los límites máximos permitidos para el consumo humano. Estas pueden ser utilizadas como indicadores de contaminación de metales pesados en el ambiente marino local, y desarrollar protocolos para su uso.

AGRADECIMIENTOS

- Dirección de Investigaciones Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
- Laboratorio de Biología Ciudad Escolar Comfenalco (CEC)
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE
- Pescadores de la bahía de Cartagena

REFERENCIAS

- ACOSTA, V., LODEIROS, C., SENIOR, W y MARTÍNEZ, G. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Inter-ciencia*, 27, (12).
- BLASCO, J., SAENZ, V., ARIAS, A., GONZALEZ - PAS-CUAL, R., CAMPANA, O., RANSOME, T., MORENO - GARRIDO, I., HAMPEL, M. (2003). Efecto del accidente minero sobre los organismos residentes en el estuario del Guadalquivir y en las zonas de la plataforma próxima a la desembocadura. En: J. Forja y A. Gómez - Parra (eds.), *Contaminación por metales pesados del Estuario del Guadalquivir*. Cádiz. Servicio Publicaciones Universidad de Cádiz, España, 165-203.
- BOADA, M., MORENO, M., GIL, H., MARCANO, J y MAZA, J. (2007). Metales pesados (cu+2, cd+2, pb+2, zn+2) en músculo y cefalotórax de camarones silvestres *litopenaeus schmitti*, *farfantepenaeus subtilis*, *f. Notialis* y *f. Brasiliensis* de la región oriental de Venezuela. *Rev. Cient.* 17, (2), 186-192.
- BRYAN, G., LANGSTON, W., HUMMERSTONE, L y BURT, G. (1985). A guide to the assessment of heavy metal contamination in estuaries using biological indicators. *Mar. Biol. Assoc. UK (Ocasional Publication)*, 4, 92.
- CIOCAN, CM y ROTCHELL, JM. (2004). Cadmium induction of metallothionein isoforms in juvenile and adult mussel (*Mytilus edulis*). *Environ.Sci. Tech.* 38, (4), 1073-1078.
- CIRUGEDA, M., SANTOS, M., CIRUGEDA, C., MARTIN, M., SANCHEZ, J. (1982). Contenido de Cadmio em pescados y moluscos marinos frescos y em conserva. *Boletín Cenán.* 11, (12), 22-24.
- COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Recuperado el: 15/10/07. URL: ftp://ftp.fao.org/codex/cac/cac28/if28_12s.pdf.
- GRAÜ, C., LA BARBERA, A., ZERPA, A., SILVA, S., GALLARDO, O. (2004). Aislamiento de *vibrio* spp. y evaluación de la condición sanitaria de los moluscos bivalvos arca zebra y perna perna procedentes de la costa nororiental del edo. Sucre. Venezuela. *Veterinaria completa*, 13.
- LE BRIS, H y POULIQUEN, H. (2004). Experimental study on the bioaccumulation of oxytetracycline and oxolinic acid by the blue mussel (*Mytilus edulis*). An evaluation of its ability to biomonitor antibiotics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 434-440.

- LEE, R y MORGAN, O. (2003). Environmental Factors Influencing the Microbiological Contamination of Commercially Harvested Shellfish. *Water Scien and Tech*, 47, (3), 65-70.
- LOCATELLI, C y TORSI, C. (2001). Heavy Metal Determination in Aquatic species for Food purposes. *Annali di chimica*. 91, 65-72.
- Motas-Guzmán, M., Romero, D., García-Díaz, JL., García-Fernández, AJ. (2003). Niveles de cadmio y plomo en hígado y riñón de équidos para consumo humano. *Rev. Toxicol.* 20, (2).
- OBSERVATORIO DEL CARIBE COLOMBIANO. (2006). Indicadores Económicos Sociales de la Región Caribe Colombiana. Informe Ejecutivo. Recuperado el: 24/10/07. URL: http://www.ocaribe.org/downloads/region_caribe/indicadores.pdf.
- PHILLIPS, D y RAINBOW, P. (1993). *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants*. London. Elsevier Applied Science.
- PHILLIPS, DJH. (1995). The chemistries and environmental fates of trace metals and organochlorines in Aquatic Ecosystems. *Mar. Pollut. Bull.* 31, 193-200.
- SADIQ, M. (1992). *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker. New York. 390.
- SOKOLOVA, IM., RINGWOOD, AH y JOHNSON, C. (2005). Tissue-specific accumulation of cadmium in subcellular compartments of Eastern oysters *Crassostrea virginica* Gmelin (Bivalvia: Ostreidae). *Aquat. Toxicol.* 74, (3), 218-228.
- UNION EUROPEA. Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Recuperado el: 23/11/07. <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.htm>.
- USPHS (1990). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service, 231p.
- ZAR, JH. (1984). *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New York, 622p.