

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL TEJIDO COMESTIBLE DEL MOLUSCO *Arca zebra* COMERCIALIZADO EN EL ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

HEAVY METAL DETERMINATION IN EDIBLE TISSUE OF THE MOLLUSK *Arca zebra* COMMERCIALIZED IN NUEVA ESPARTA STATE, VENEZUELA

MAYRA NARVÁEZ HERNÁNDEZ¹, LUISA ROJAS DE ASTUDILLO^{2,3}, JOSÉ LUIS PRIN²

¹Área de Química. Unidad de Estudios Básicos. Núcleo de Nueva Esparta. Universidad de Oriente. Guatamare.
²Departamento de Ciencia de los Materiales. Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCAUDO).
³Departamento de Química. Escuela de Ciencias. Núcleo de Sucre. Universidad de Oriente. Cumaná. E-mail: mayranarva@cantv.net

RESUMEN

Se determinó el contenido de aluminio, cinc, cobre, cadmio y plomo en el tejido comestible del molusco *Arca zebra*, comercializado en el estado Nueva Esparta, Venezuela. Las muestras, crudas y cocidas, se recolectaron semanalmente, durante los meses de abril, mayo y junio de 2008, siendo digeridas con ácido nítrico y las concentraciones de los elementos determinadas usando espectrometría de emisión atómica acoplada inductivamente a un plasma. En las muestras crudas, las concentraciones medias fueron: Al 8,74 µg/gps, Zn 7,79 µg/gps, Cu 1,48 µg/gps y Cd 1,45 µg/gps. Por su parte, las muestras cocidas presentaron las siguientes concentraciones: Al 3,98 µg/gps, Zn 10,85 µg/gps, Cu 1,34 µg/gps y Cd 1,11 µg/gps; en ambos casos las concentraciones de plomo estuvieron por debajo del límite de detección del equipo. Esos valores no superan los límites permitidos para consumo humano, encontrándose que para el Al los valores fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) en las muestras crudas, mientras que para el Zn, las muestras cocidas presentaron valores significativamente mayores. Aunque los resultados muestran que la pepitona (*Arca zebra*) no representa un foco de contaminación por los elementos estudiados, se sugiere el establecimiento de medidas de manejo y control, puesto que su distribución en malas condiciones se convertiría en un problema de salud pública para el estado.

PALABRAS CLAVE: Metales pesados, ICP-AES, *Arca zebra*, moluscos, consumo humano, Venezuela.

ABSTRACT

The content of aluminum, zinc, copper, cadmium and lead in the edible tissue of the mollusk *Arca zebra* was determined, which is commercialized in Nueva Esparta state, with the purpose of establishing quality parameters of the product. The crude and cooked samples were collected weekly during April, May and June of 2008, digested using nitric acid and analyzed by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy. In the crude samples, the average metal concentrations were: Al 8,74 µg/gps, Cd 1,45 µg/gps, Cu 1,48 µg/gps and Zn 7,79 µg/gps. In the other hand, the cooked samples presented the following concentrations: Al 3,98 µg/gps, Zn 10,85 µg/gps, Cu 1,34 µg/gps and Cd 1,11 µg/gps; in both cases lead concentrations were below the detection limit of the equipment. These values were below the permitted limits for human consumption. The comparison of the concentrations between crude and cooked samples showed that Al values were significantly ($p < 0.05$) higher in the crude than cooked samples, whereas the Zn values were reversed. Although the results confirmed that *Arca zebra* does not represent a risk to the consumer associated to the heavy metals evaluated, the establishment of management and control measures is suggested, since their distribution in poor sanitary conditions would become a public health problem for the state.

KEY WORDS: Heavy metals, ICP-AES, *Arca zebra*, mollusk, human consumption, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La pepitona o pata de cabra (*Arca zebra*) (Swainson 1883) es un pelecípodo, perteneciente al orden filibránquia, familia Arcidae, de amplia distribución en el Atlántico Occidental, especialmente desde el Golfo de México y sur de Florida hasta la costa norte de Brasil. En Venezuela es muy abundante en bancos naturales de aguas someras de las regiones costeras occidental, central y oriental

(Narciso *et al.* 2005, Pérez *et al.* 2007). Constituye el tercer rubro en importancia productiva a nivel nacional, derivado de la pesca de captura marina, con un aporte del 8% a la producción pesquera marítima (Arias *et al.* 2002, OLDEPESCA 2006, FAO 2008).

La explotación de la pepitona tiene un alto impacto socio-económico, principalmente, en la región nororiental del país (costa norte de la Península de Araya y en algunas

comunidades de las islas de Margarita y Coche). En el estado Nueva Esparta, según cifras de los pescadores, se obtuvieron 1680 toneladas en 2006 y 1320 toneladas en 2007, representando el 40% de los moluscos que se extraen (Escalona 2008).

Por otra parte, los sedimentos en ambientes marinos acumulan contaminantes, tales como metales pesados y sustancias orgánicas que, en general, ingresan al sistema como residuos de la actividad industrial, urbana y transporte global. Entre los metales más estudiados por su efecto deletéreo en el medio se encuentran las sales de cobre, cadmio, zinc, plomo y mercurio (Ruiz *et al.* 1991). Estas sustancias, una vez vertidas al ambiente, pueden sufrir procesos como transporte, especiación, movilización y transformación de sus formas tanto químicas y/o físicas, las que en consecuencia podrían ser incorporadas a las cadenas tróficas dependiendo de su biodisponibilidad (Allen y Hansen 1996).

Además, el mecanismo de alimentación de los moluscos bivalvos requiere filtrar grandes cantidades de agua, lo que favorece la bioconcentración de contaminantes en cantidades superiores a las del medio donde viven, originando problemas de tipo sanitario (Vázquez 2002).

Dado que la pepitona (*Arca zebra*) es una fuente alimentaria de la región nororiental de Venezuela y por su condición de organismo filtrador que bioacumula gran cantidad de tóxicos potenciales, entre ellos los metales y metaloides, ésta puede ser un vehículo de transmisión de

toxiinfecciones alimentarias, lo que constituye uno de los problemas de salud pública más extendidos en el mundo contemporáneo y que permanecen como una de las causas principales de morbilidad (Meljem 2001).

Es por ello que se planteó esta investigación, con la que se pretendió evaluar el contenido de aluminio, cinc, cobre, cadmio y plomo, tanto en molusco crudo como cocido, utilizando espectrometría de emisión atómica acoplada inductivamente a un plasma para el análisis de las muestras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de Muestras

Las pepitonas fueron extraídas por los pescadores en un banco natural de Cubagua, en el estado Nueva Esparta (Figura 1). Desde allí, los ejemplares fueron trasladados al Sector Punta La Garza en Punta de Piedras, estado Nueva Esparta, donde se encuentran ubicadas alrededor de 15 rancherías, donde se obtienen aproximadamente unos 1500 kg/día de tejido comestible (Escalona 2008). Luego, se seleccionaron las muestras de pepitonas utilizadas en el desarrollo de esta investigación. El muestreo se realizó en la mañana, hora en que llegan los pescadores con el producto, durante once semanas continuas, una vez por semana, desde el 17 de abril hasta el 26 de junio de 2008, a fin de cubrir parte de la época de sequía y lluvia; cabe destacar que en Venezuela sólo existen dos estaciones, una de lluvias (de junio a octubre) y una de sequía (de noviembre a mayo).

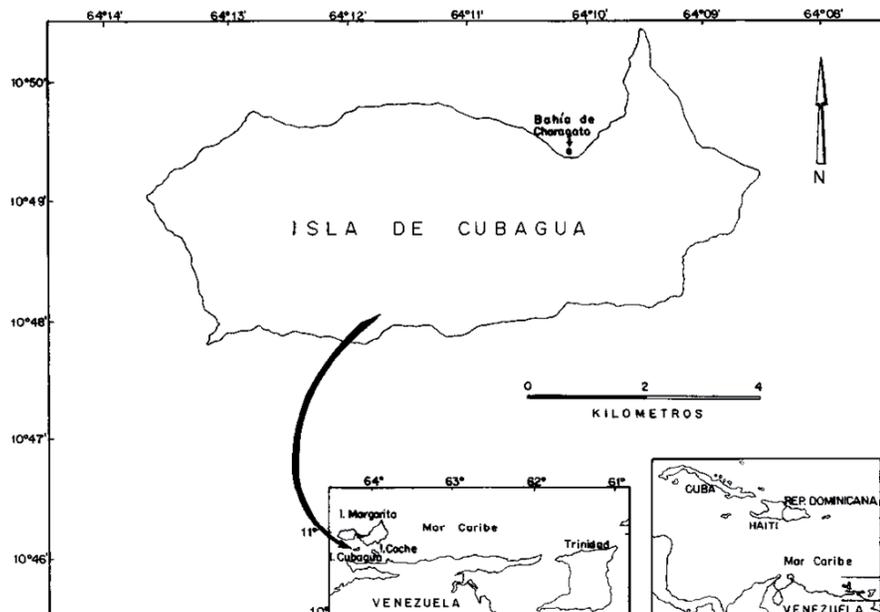


Figura 1. Ubicación de la zona de muestreo de la pepitona (*Arca zebra*) banco natural Isla de Cubagua, estado Nueva Esparta. Mapa tomado con autorización de Hernández *et al.* (1998).

Las muestras crudas, se despojaron de sus conchas en el mismo sitio y se almacenaron en bolsas plásticas, hasta el momento de su tratamiento.

Para el caso de las muestras cocidas, éstas fueron escogidas de las cocinadas por los mismos pescadores. Esta operación consistió en sancochar la pepitona, previamente colocadas en sacos de malla gruesa, por 15-20 minutos usando agua de mar hirviendo. El sancochador es un recipiente metálico que se llena de agua a 1/3 de su capacidad, que se calienta utilizando como fuente de calor de gas. Después de cocinadas, se separó la carne de la concha y se almacenó en bolsas plásticas.

Se tomaron los tejidos comestibles de 30 ejemplares crudos y 30 ejemplares cocidos del molusco *Arca zebra* en cada semana de muestreo, y fueron colocados en bolsas plásticas limpias y conservadas en hielo hasta llegar al laboratorio. Luego, se conservaron refrigeradas hasta el momento de su análisis.

Determinación de la concentración de aluminio, cinc, cobre, cadmio y plomo

El tejido comestible de un total de treinta (30) pepitonas fue procesado hasta obtener una mezcla homogénea. De la mezcla se tomaron tres alícuotas de aproximadamente 5 gramos cada una, en un erlenmeyer de 50 mL y se secaron a 60°C hasta obtener un peso constante. Posteriormente, se agregaron 10 mL de ácido nítrico concentrado y, luego, se sometieron a digestión durante toda la noche a temperatura ambiente y dentro de una campana de extracción. Previo a la digestión, un pequeño embudo de vidrio fue colocado en la boca de cada erlenmeyer, para disminuir la evaporación de las muestras, y se colocaron en una placa de calentamiento a 60°C durante 1 hora en reflujo, incrementando la temperatura a 80°C y 100°C por espacios

de 1 hora respectivamente. Después de enfriar, se diluyó la digestión con 5 mL de agua desionizada y se filtró utilizando papel de filtro Whatman # 42, en un matraz aforado de 25 mL, enrasándose con agua desionizada. Se envasó y conservó refrigerado hasta el momento del análisis (Rojas de Astudillo *et al.* 2002). Este procedimiento se aplicó de igual manera para los ejemplares de pepitonas crudas y cocidas colectadas en cada semana así como para los blancos de reactivo.

Para la determinación de los metales se utilizó un espectrómetro de emisión atómica acoplado inductivamente a un plasma, Perkin Elmer modelo 5300 DV. Se prepararon patrones multielementales con material de referencia para elaborar la curva de calibración y a partir de allí se determinaron las concentraciones de los metales aluminio, cinc, cobre, cadmio y plomo en el molusco. El límite de detección para el control de calidad de las mediciones se determinó de acuerdo a los sugerido por Thomsen *et al.* (2003).

Análisis Estadístico

Para determinar diferencias en medias de concentraciones de los metales estudiados en el tejido comestible de las muestra de *Arca zebra*, se utilizó la prueba *T-Student*, a un nivel de significancia de 95%, con Statgraphics Plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestran los valores correspondientes a los niveles de los metales aluminio, cinc, cobre, cadmio y plomo, determinados en el tejido comestible de *Arca zebra* crudo, observándose una tendencia de este molusco a bioacumular mayor cantidad de aluminio que los metales esenciales y éstos en mayor proporción que los no esenciales (Al > Zn > Cu, Cd > Pb).

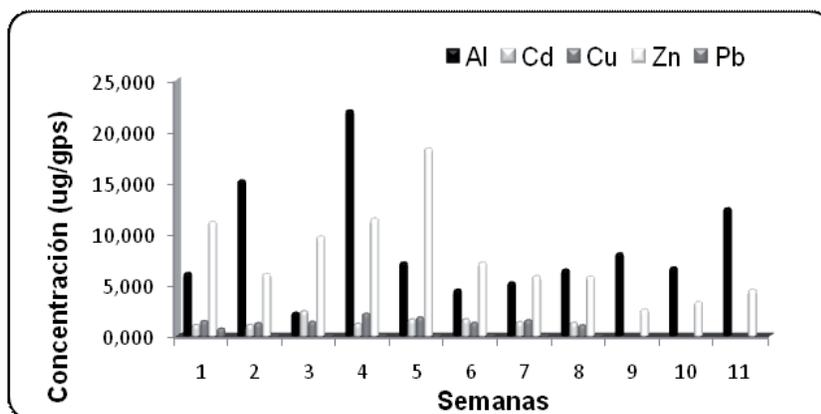


Figura 2. Concentraciones de aluminio, cinc, cobre, cadmio y plomo en el tejido comestible del molusco *Arca zebra* crudo.

Este hecho ha sido observado en otros bivalvos (Rojas de Astudillo *et al.* 2002; Castillo *et al.* 2005; Balthis *et al.* 2007). Por lo que es posible que los metales esenciales sean acumulados más fácilmente en pequeñas cantidades como componentes estructurales o catalíticos indispensables para el crecimiento, la bioquímica y el metabolismo del organismo (Usero *et al.* 1996). No obstante, se ha demostrado que la incorporación de metales no esenciales está bajo el control de procesos o rutas metabólicas específicas de depuración y transformación dentro del organismo; en el caso de otros moluscos la tendencia es acumular metales pesados de acuerdo con el efecto biológico y/o la concentración que exista en el medio circundante (Castillo *et al.* 2005).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la presencia de estos metales es posible que se deba a la actividad marítima existente en la zona, ya que este banco productor de Arca zebra, en el estado Nueva Esparta, se encuentra en la ruta de buques y navieros, los cuales realizan las descargas de sus efluentes que son arrastrados y depositados en el fondo; lo que obliga a aplicar procesos de depuración a los moluscos destinados al consumo. Además, las fluctuaciones del contenido metálico en las diversas especies de moluscos, estarían condicionadas por la variabilidad ambiental natural relacionada, entre otros factores, a las características del hábitat, la disponibilidad del alimento, tamaño, edad del organismo, y la variabilidad estacional que condicionaría el estado fisiológico de la especie y los factores históricos de vida como la migración y reproducción (Jacinto y Aguilar 2007).

Asimismo, la bioacumulación depende de la biodisponibilidad del contaminante: 1) la movilización de los metales en las aguas intersticiales y su especiación química; 2) transformación; 3) control ejercido por los componentes de los sedimentos; 4) competencia entre metales, como Cu, Ag, Zn y Cd por posiciones de ingreso en los organismos,

y 5) los efectos de la bioperturbación, salinidad, coeficiente de redox y pH (Baqueiro-Cárdenas *et al.* 2007).

Aluminio

La Figura 3, muestra la comparación entre el contenido de aluminio en las muestras crudas y cocidas, en la cual se observa que las muestras crudas tienen un amplio intervalo de distribución con cierta cantidad de puntos atípicos. Las variaciones de las concentraciones para las muestras son: de 2,26 hasta 22,03 $\mu\text{g/gps}$ para las crudas; de 1,24 hasta 7,69 $\mu\text{g/gps}$ para las cocidas. Se observa un comportamiento no conservativo con una gran fluctuación de los valores durante todo el muestreo, por lo que el análisis estadístico determinó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el contenido de aluminio en las muestras crudas y cocidas (Tabla 1).

Esta diferencia en las concentraciones de aluminio en muestras crudas y cocidas, puede estar asociada con el incremento de la temperatura durante el proceso de cocción, la forma química en la que el metal es absorbido y la concentración del ión metálico en solución. Los metales, en estado elemental, no son solubles en agua, pero pueden transformarse en su forma disponible. En otras palabras, un metal en estado elemental puede, al reaccionar con el medio, formar cationes o aniones solubles; en ese proceso, el metal se oxida, es decir, pasa de un estado de oxidación cero (neutro) a uno de oxidación superior. En un compuesto simple, el metal se encuentra ya en estado oxidado, de tal manera que es improbable que se oxide más cuando el compuesto se introduce en un medio acuoso. No obstante, si el estado de oxidación no cambia, la interacción con el medio puede producir otras formas solubles. Hay que reconocer, sin embargo, que la concentración de la solución final puede verse influida por varios factores, como el producto de solubilidad de ciertos compuestos metálicos (OCDE 2001).

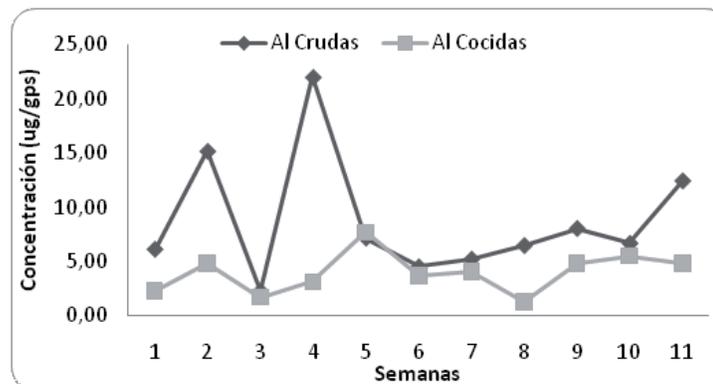


Figura 3. Concentración de Aluminio en tejidos crudos y cocidos de *Arca zebra*.

Tabla 1. Resultados estadísticos obtenidos de la comparación entre las muestras crudas y cocidas de *Arca zebra*.

Variables	Medias ± Desviación Típica		T- test
	Crudas	Cocidas	
Aluminio	8,74 ± 6,07	3,98 ± 2,40	-4,19*
Cadmio	1,45 ± 0,42	1,11 ± 0,30	3,22*
Cobre	1,48 ± 0,41	1,32 ± 0,48	1,24
Cinc	7,79 ± 4,45	10,85 ± 5,14	-2,59*

*significativo p < 0,05

Cinc

Las concentraciones de cinc en las muestras crudas y cocidas son mostradas en la Figura 4, observándose aporte de dicho metal por el proceso de cocción. Probablemente, el mal estado y las aleaciones de las cuales pueden estar revestidos los sancochadores provoquen el ligero incremento de las concentraciones en las muestras cocidas. Sin embargo, dichos valores no excedieron el nivel máximo permisible 50 µg/gps para el cinc, definido por la Organización Mundial de la Salud (WHO 1982).

Estas variaciones pueden ser observadas en la Tabla 1, donde se muestra que existen diferencias estadísticamente

significativas (p<0,05) entre las concentraciones de cinc para el molusco crudo y cocido.

Al comparar las concentraciones de aluminio y cinc en las épocas de sequía y lluvia (Tabla 2), solamente el cinc presentó diferencias significativas (p < 0,05), con valores menores durante el mes de junio, este fenómeno puede ser otorgado al cambio de las corrientes en esa época. Es posible que los metales pesados como el cinc, sean acumulados en el sedimento y posteriormente redissueltos en el agua, durante periodos de turbulencia o como resultado de actividades biológicas (Honkoop *et al.* 2003).

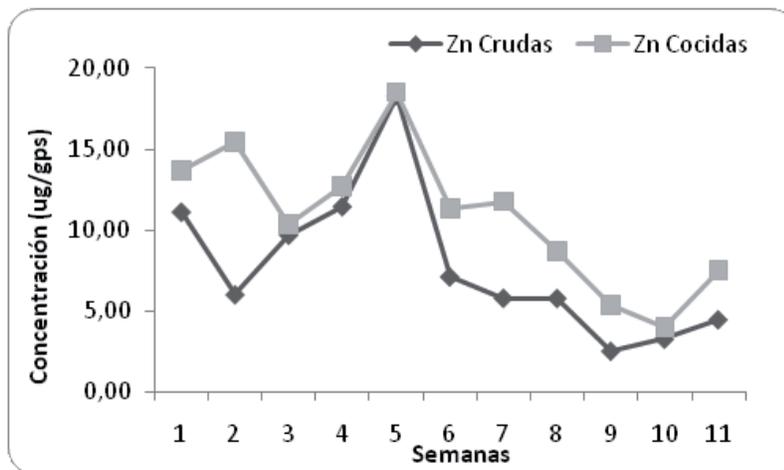


Figura 4. Concentración de cinc en el tejido crudo y cocidos de *Arca zebra*.

Tabla 2. Resultados Estadísticos obtenidos de la comparación entre las muestras crudas durante la época de sequía (abril, mayo) y lluvia (junio).

Variables	Medias ± Desviación Típica		T- test
	Sequía	Lluvia	
Aluminio	8,62 ± 6,78	8,84 ± 4,52	-0,09
Cinc	9,42 ± 4,12	3,11 ± 1,30	5,14

Cadmio

La variación de los valores de cadmio encontrados durante los análisis son mostrados en la Figura 5, observándose que los mismos son menores que el límite permisible de ingesta tolerable ($2,0\mu\text{g/gps}$) (CODEX 2006).

El cadmio es un componente natural del agua de los océanos, con niveles medios entre < 5 y 110 mg/L ; con reportes de niveles altos cerca de zonas costeras y marinas asociado a fosfatos y fosforitas (Martínez *et al.* 2006). Además, se ha encontrado alta relación entre el contenido de cadmio en tejidos de moluscos y el encontrado en los sedimentos (Rojas de Astudillo *et al.* 2005). Por lo que puede suponerse que su origen es fundamentalmente natural, puesto que no existen fuentes industriales o minerales de este metal en las

proximidades del área de muestreo. Los niveles altos en las zonas costeras puede ser posible también a la erosión de los suelos que son arrastrados por la lluvia, el desarrollo urbano y la carencia de un eficiente tratamiento de las aguas residuales.

El cadmio, encontrado en el tejido del molusco *Arca zebra* refleja el mismo comportamiento no conservativo que el aluminio, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras crudas y cocidas una vez concluido el proceso de cocción; dichas concentraciones presentan poca variación, salvo en la semana 3 (época de sequía) donde existe una variación considerable en la muestras crudas, esto puede ser atribuible a que en el mes de mayo disminuye la actividad de captura, por lo que los organismos permanecen más tiempo en su hábitat pudiendo fijar en mayor cantidad este metal.

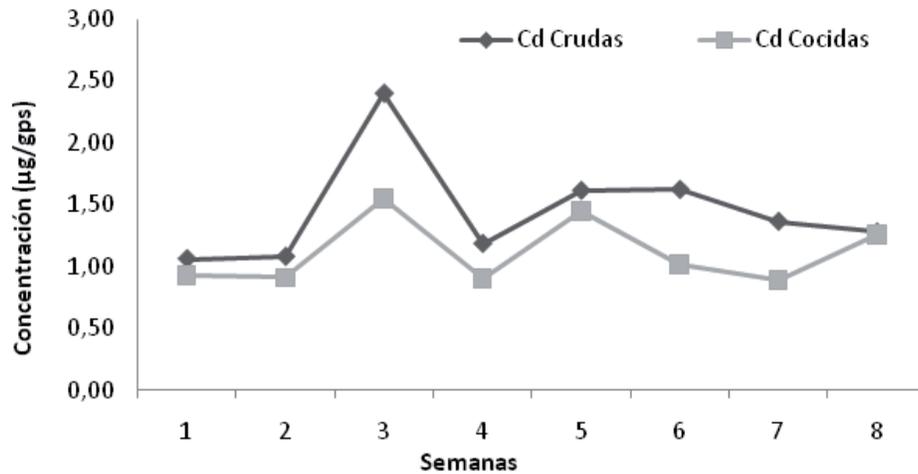


Figura 5. Distribución de la concentración de cadmio en el tejido crudo y cocido de *Arca zebra*.

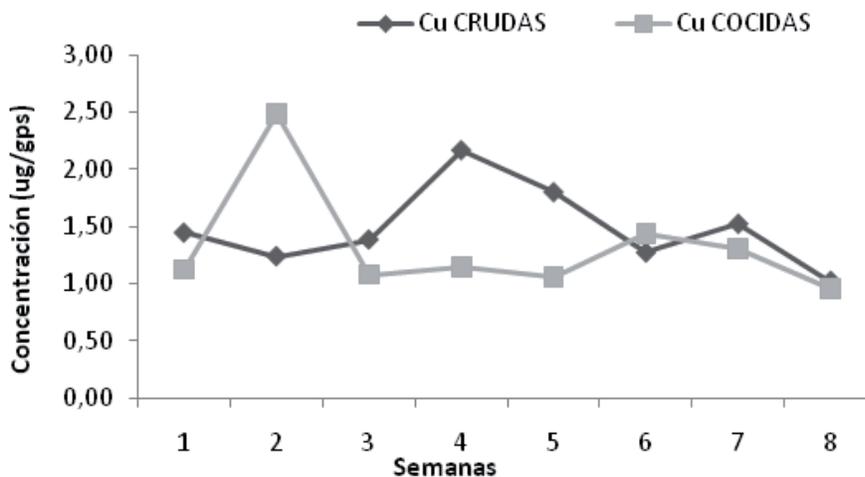


Figura 6. Concentración de cobre en las muestras crudas y cocidas de *Arca zebra*.

Cobre

Las concentraciones de cobre encontradas en el molusco *Arca zebra*, no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$), y la tendencia de las mismas es disminuir de las crudas a las cocidas. Excepto, como se puede ver en la Figura 6, en la segunda y cuarta semanas, correspondientes a la época de sequía, donde se observa un incremento de Cu en las muestras cocidas y crudas, respectivamente, lo que corresponden al período de mayor actividad marítima en la zona, por lo que existe mayor cantidad de material en suspensión. Es evidente, entonces, que la biodisponibilidad del metal va a depender de su forma química, la cual a su vez es controlada por variables ambientales tales como: pH, oxígeno disuelto, potencial redox, salinidad, presencia de material particulado y orgánico, entre otras (Jacinto y Aguilar 2007).

Plomo

Se descartó la presencia de plomo, puesto que los valores obtenidos en la mayoría de las muestras estuvo por debajo del límite de detección del equipo ($0,16 \mu\text{g/gps}$), en todo el período de muestreo.

CONCLUSIONES

La pepitona (*Arca zebra*) puede comercializarse y consumirse sin ningún inconveniente, debido a que no representa un foco de contaminación por los metales estudiados, sin embargo, se sugiere el establecimiento de medidas de manejo y control, puesto que su distribución en malas condiciones se convertiría en un problema de salud pública.

La bioacumulación de los metales en el molusco, puede estar asociado a fuentes naturales y antropogénicas, provenientes de las actividades marítimas y lacustres realizadas en la zona.

Las concentraciones de Al y Cd, en las muestras crudas y cocidas, presentan diferencias estadísticamente significativas, probablemente porque parte del metal se pierde con el agua de lavado mientras se lleva a cabo el proceso de cocción.

Las altas concentraciones de Zn en las muestras cocidas, quizás se debe al uso de aleaciones inadecuadas en el recipiente de cocción, que se libera por acción del desgaste y calentamiento.

Al comparar las concentraciones de cinc durante la época de sequía y lluvia, se observaron diferencias significativas, sugiriendo que la eliminación del metal sea originada por el cambio de las corrientes y los vientos durante el periodo de lluvia.

Las concentraciones de Cd y Cu presentaron variaciones durante algunas semanas de la época de sequía, debido al aumento de la actividad marítima en la zona y a la merma en la captura del molusco.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación pudo ser posible gracias al financiamiento del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, a la colaboración prestada por el personal del Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCAUDO) y a los pescadores del Sector Punta La Garza, estado Nueva Esparta, Venezuela.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN H., D. HANSEN. 1996. The importance of trace metal speciation to water quality criteria. *Wat. Env. Res.* 68 (1): 215-231.
- ARIAS DE D. A., GUZMÁN R., JIMÉNEZ R., MOLINET R. 2002. La pesquería de la pepitona, *Arca zebra*, en Chacopata, estado Sucre, Venezuela: Un análisis bioeconómico. *Zoot. Trop.* 20(1):49-67.
- BALTHIS W.L., HYLAND J.L., COOKSEY, C. FULTON M.H., WIRTH E., MCFALL G. 2007. Long-term monitoring of ecological conditions in Gray's Reef National Marine Sanctuary: Comparison of soft-bottom benthic assemblages and contaminant Levels in sediments and biota in Spring 2000 and 2005. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 68. South Carolina.
- BAQUEIRO-CÁRDENAS E.R., BORABE L., GOLDARACENA-ISLAS C.G., RODRÍGUEZ-NAVARRO J. 2007. Los moluscos y la contaminación. Una revisión. *Rev. Mex. Biod.* 78: 1S- 7S.
- CASTILLO I., ACOSTA, V., MARTÍNEZ G., NÚÑEZ M. 2005. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón, *Perna perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Zoot. Trop.* 23(2):141-154.

- CODEX (COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS). 2006. Norma General del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos. CODEX STAN 193-1995. (Rev.2-2006).
- ESCALONA Y. 2008. La Pepitona. Magazine Aguamarina. 8:42.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2008. Venezuela panorama general del sector pesquero (de la NFSO) http://www.fao.org/fishery/countrysector/FI-CP_VE/es.
- HERNÁNDEZ O., TROCCOLI G. L., MILLÁN J. 1998. Crecimiento, engorde y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en la Isla de Cubagüa, Venezuela. *Carib. Journ. Scien.* 34(3-4): 243-249.
- HONKOOP P., BAYNE B., UNDERWOOD A., SVENSSON, S. 2003. Appropriate experimental design for transplanting mussels (*Mytilus* sp.) in analyses of environmental stress: an example in Sydney Harbour (Australia). *Jour. Exp. Mar. Biol. And Ecolg.* 297: 253– 268.
- JACINTO M. E., AGUILAR S. 2007. Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. *Rev. Peru. Biol.* 14(2): 307-311.
- MARTÍNEZ G., SENIOR W., MÁRQUEZ A. 2006. Especiación de metales pesados en la fracción disuelta de aguas superficiales de la cuenca baja y la pluma del Río Manzanares, Venezuela. *Cs. Mar.*: 32(2): 239-257.
- MELJEM J. 2001. NORMA Oficial Mexicana NOM-032-SSA1-1993, Bienes y servicios. Productos de la Pesca. Moluscos Bivalvos en Conserva. Especificaciones sanitarias. RESPYN, Vol. 2 (2). Abril-Junio: Recuperado de: <http://www.respyn.uanl.mx/ii/2/contexto/nom034.html>, el 25 de noviembre de 2008.
- NARCISO S., PRIETO-ARCAS A., ACOSTA-BALBÁS V. 2005. Microgastropods associated with the natural bank of *Arca zebra* (Swainson, 1833; Mollusca: Bivalvia) located in Chacopata, Sucre State, Venezuela. *Ciências Marinas.* 31:119-124.
- OCDE. 2001. Anexo 9: Guía sobre Transformación/Disolución de Metales y Compuestos Metálicos en Medio Acuoso. Serie de ensayos y evaluaciones, N° 29. Dirección del Medio Ambiente, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.
- OLDEPESCA. 2006. Estudio de viabilidad para establecer un sistema regional de ecoetiquetado pesquero. XVIII Conferencia de Ministros, La Antigua Guatemala, 18-19 de octubre.
- PÉREZ J. E., ALFONSI C., SALAZAR S., MACSOTAY O., BARRIOS J., MARTINEZ ESCARBASSIERE R. 2007. Especies marinas exóticas y criptogénicas en las costas de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 46 (1): 79-96.
- ROJAS DE ASTUDILLO L., CHANG YEN, I., AGARD, J., BEKELE I., HUBBARD, R. 2002. Heavy metals in Green Mussel (*Perna viridis*) and Oysters (*Crassostrea* sp.) from Trinidad and Venezuela. *Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 410-415.
- ROJAS DE ASTUDILLO L., CHANG YEN I., BEKELE I. 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 53: 41- 53.
- RUIZ J., CEDEÑO C., ESPINOSA A., GÓMEZ J. 1991. Estudio de la contaminación del río Magdalena por metales traza, su relación con parámetros hidrológicos fisicoquímicos y su incidencia en la salud humana. *Himat-Ingeominas.* 59 pp.
- THOMSEN V., SCHATZLEIN D., MERCURO D. 2003. Limits of detection in spectroscopy. *Spectroscopy.* 18(12): 112-114.
- USERO J., GONZÁLEZ-REGALADO E., GARCIA I. 1996. Trace Metals in the Bivalve Mollusc *Chamelea gallina* from the Atlantic Coast of Southern Spain. *Mar. Poll. Bull.* 32(3): 305-310.
- VÁZQUEZ, J. L. 2002. Consecuencias de la marea roja en el ser humano. *Gaceta CUC* 2(2), 11.
- WHO. 1982. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, WHO Food Additives Series N° 17, World Health Organization, Geneva, pp 28-35.