

# NIVELES DE METALES PESADOS EN CAMARÓN CAFÉ *Farfantepenaeus aztecus* DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ, MÉXICO

José Martín Palomarez-García <sup>1\*</sup>, María del Refugio Castañeda-Chávez <sup>2</sup>, Fabiola Lango-Reynoso <sup>2</sup> y Cesáreo Landeros-Sánchez <sup>1</sup>.

(1) Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, Veracruz, México.

(2) Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, México.

(\*) Autor correspondiente: Email: [palomarez@colpos.mx](mailto:palomarez@colpos.mx)

## RESUMEN

En el presente estudio se determinaron las concentraciones de cadmio (Cd), plomo (Pb) y cobre (Cu) en el tejido muscular de camarón café *Farfantepenaeus aztecus* obtenidos de la parte del sur de la laguna de Tamiahua, Veracruz, durante el período de enero-agosto del 2004. Las concentraciones de los metales se midieron con un espectrofotómetro de absorción atómica utilizando horno de grafito. Los resultados obtenidos mostraron que las concentraciones de Cd y Pb en el músculo de los camarones estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles para la comercialización de crustáceos según la Norma Oficial Mexicana (NOM-029-SSA1, 1993) y la Comisión Europea (EC, 2002). Las concentraciones de Cu fueron superiores a las de Pb y Cd; sin embargo, este elemento aún no está legislado y la concentración fue muy similar a las encontradas en otros crustáceos decápodos. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las concentraciones medias de metales en camarón entre ambas zonas y entre los meses. Finalmente, se observó que las concentraciones de Cd, Pb y Cu en el músculo de los camarones se encontraron dentro de los límites permitidos para el consumo, por lo cual tales concentraciones no representan un riesgo para la salud humana.

Palabras clave: metales pesados; lagunas; *Farfantepenaeus aztecus*, ASW, México.

## ABSTRACT

In this study, concentrations of cadmium (Cd), copper (Cu) and lead (Pb) were determined in brown shrimp muscular tissue *Farfantepenaeus aztecus* in two zones of commercial shrimp fishing in the south part of Tamiahua lagoon, Veracruz, Mexico, from January to August of 2004. These concentrations were measured by atomic absorption spectrophotometer with graphite furnace. The results indicated that Cd and Pb concentrations in shrimps muscle were lower than the maximum permissible limits, for commercialisation of decapod crustaceans, according to the Mexican Official Norm (NOM-029-SSA1, 1993) and the European Commission (EC, 2002). Cu concentrations were greater than Cd and Pb, however this element is not yet legislated and its concentration is similar to those found in other decapod crustaceans. Significant differences were found ( $p < 0.05$ ) between mean values of metal concentrations in shrimp measured for both zones and months. Finally, it was found that Cd, Pb and Cu concentrations in shrimp muscle were within the permissible limits for human consumption and therefore such concentrations do not represent a risk for human health.

Key words: heavy metals; lagoon; *Farfantepenaeus aztecus*; ASW, Mexico.

Entre los organismos que se capturan en los litorales del Pacífico y Golfo de México se encuentran un número considerable de especies de importancia comercial y/o ecológica, que pertenecen al grupo de peces, crustáceos y moluscos. De los crustáceos, el camarón constituye una de las principales pesquerías en ambos litorales por los volúmenes de captura y la importancia económica y social que genera (Schultz-Ruiz *et al.*, 2002).

La producción pesquera nacional de camarón en peso fresco registrado en el 2002 fue de 86,772 toneladas, de las cuales 18,916 toneladas

correspondieron al Golfo de México y Mar Caribe; en esta zona, la captura está representada principalmente por tres especies: el camarón café *Farfantepenaeus aztecus*, el rosado *F. duorarum* y el blanco *Litopenaeus setiferus*. En la región Tamaulipas-Veracruz se registraron 13,493 toneladas constituidas por el 87 al 94% de camarón café (SAGARPA, 2002).

El camarón café, especie de interés en este estudio, habita en fondos lodosos y en algunas ocasiones arenoso-arcillosos, a profundidades que van de los 4 a los 160 metros. Se distribuye por costas mexicanas desde Tamaulipas hasta Campeche, y

por costas de Estados Unidos desde Massachusetts hasta Texas. Durante la etapa adulta se localizan en ambientes marinos, mientras que como juveniles se encuentran en estuarios y lagunas costeras (Holthuis, 1980).

Los ecosistemas costeros son fundamentales ya que actúan como áreas para el desarrollo larval, alimentación, refugio y el reclutamiento de un sinnúmero de especies, además de la importancia económica, biológica, ecológica y alta productividad que generan. (Contreras-Espinosa *et al.*, 2002). Sin embargo, la continua liberación de metales pesados en los ambientes marinos y costeros por actividades antropogénicas ha provocado serios problemas de contaminación tanto en sedimentos, agua y organismos marinos. A la fecha, las investigaciones realizadas sobre la concentración de metales pesados en organismos de ecosistemas costeros en el Golfo de México, son insuficientes. Por lo tanto, el realizar estudios sobre la concentración de estos elementos en camarones de la laguna de Tamiahua permitirá establecer si presentan niveles que de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM-029-SSA1-1993) y la Comisión Europea (EC, 2002), puedan poner en riesgo la salud de los consumidores.

## ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Tamiahua se ubica en la porción occidental de las costas del Golfo de México, entre las coordenadas 21°06' de latitud Norte y los 97°23' y 97°46' de longitud Oeste. La limitan al norte el río Pánuco y al sur el río Tuxpan. Posee una forma alargada en el eje mayor, orientado del noroeste al sureste. Tiene una longitud de 85 km y una anchura máxima de 18 km en la parte central; ocupa un área de 88 mil hectáreas aproximadamente y por su extensión, es la tercera más grande del país (Fig. 1) (Castañeda y Contreras, 1994).

## MATERIAL Y MÉTODO

### Selección de las zonas de muestreo

Para la colecta de los organismos, se seleccionaron dos zonas de captura en la parte sur de la laguna, que corresponden al municipio de Tamiahua, tomando como consideración que la mayor parte de la producción de camarón proviene de esta área. La zona A correspondió al área de captura de Tantalamos y la zona B al área de captura de Bocaina. Posteriormente se localizaron las cooperativas que operaban en las zonas seleccio-

nadas, con el fin de obtener apoyo para la obtención de los organismos, ya que todas las zonas de captura están concesionadas a los cooperativistas.

### Obtención de las muestras de camarón

Los organismos se obtuvieron mensualmente al momento de arribo de los pescadores a la cooperativa, durante los meses de enero, marzo, abril y agosto del 2004. De cada zona de captura se obtuvo una muestra mensual de camarón de talla comercial, con un peso de un kilogramo, las cuales se colocaron en bolsas de plástico, se etiquetaron y se mantuvieron en hieleras a baja temperatura (5°C aproximadamente) para su transporte al laboratorio.

En el laboratorio, cada muestra de camarones se disectó para obtener un pool (muestras compuestas) de la parte media del músculo (cola) de los camarones. Tales muestras compuestas se obtuvieron por triplicado, las cuales se colocaron en recipientes de plástico y se mantuvieron en un ultracongelador a -40°C. Todos los recipientes utilizados se lavaron previamente con ácidos clorhídrico y nítrico (Moody y Lindstrom, 1977).

### Deshidratación de las muestras de camarón

Las muestras congeladas de camarón se deshidrataron en un liofilizador marca ThermoSavant ModulyOD-114 durante 72 horas a -49 °C y 36X10-3 mbar. Una vez secas, se molieron con un mortero de porcelana y se colocaron en bolsas de plástico para su almacenamiento dentro de un desecador con sílica gel hasta su digestión.

### Digestión de las muestras de camarón

La digestión de las muestras de camarón se realizó siguiendo el método de preparación para la digestión de tejido de pescado CEM (1991) por considerarse matrices similares, en donde se tomaron alícuotas de la muestra (0.5 g aprox.) y se digirieron en vasos de teflón con 10 ml de ácido nítrico en un horno de microondas CEM Modelo MARS5. Durante el proceso de digestión, se corrieron blancos representativos con el mismo volumen y concentración del reactivo utilizado (1 por cada 10 muestras digeridas). Las muestras ya digeridas se filtraron con membrana fluoropore de 0.45 µm en matraces kitasato con bomba de vacío. Posteriormente se diluyeron en un matraz aforado a un volumen de 25 ml con agua Tipo II y se transfirieron a frascos de polipropileno para su

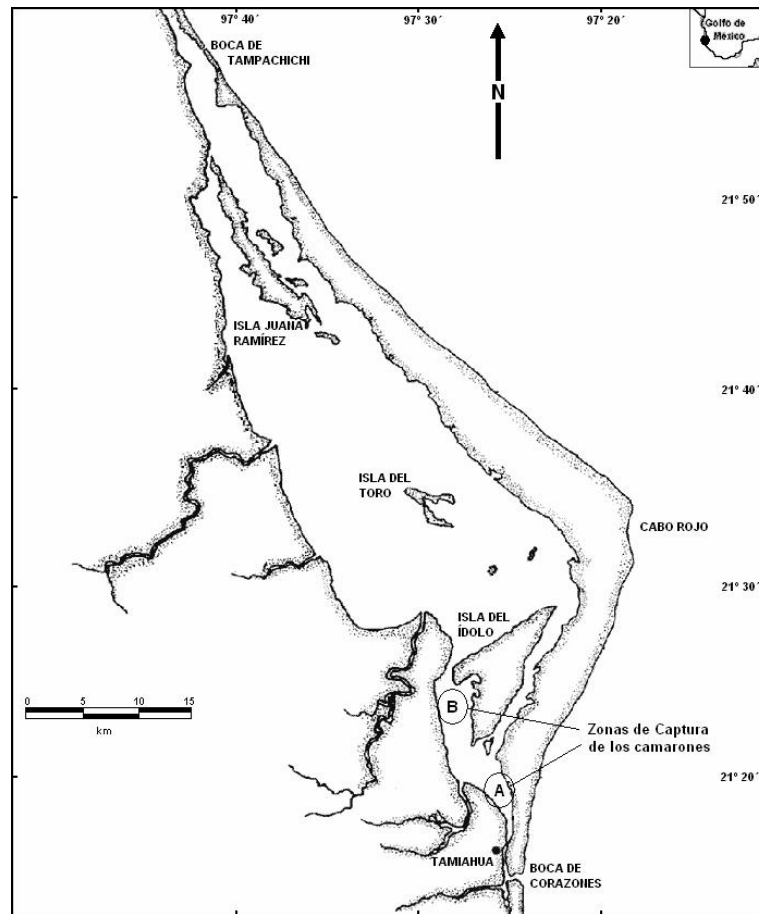


Fig. 1. Localización del área de estudio de la laguna de Tamiahua, Ver. La zona A (Tantalamos) y zona B (Bocaina) indican el área de captura donde se obtuvieron los camarones.

posterior análisis de metales por espectrofotometría de absorción atómica.

#### Análisis estadístico

Los resultados de las concentraciones de los metales pesados en el músculo de camarón de la zona A y B se sometieron a prueba de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnof) para verificar la normalidad de los datos. El Pb en camarón en ambas zonas se transformó a logaritmo base 10 (Guhathakurta y Kaviraj, 2000). Posteriormente se aplicó un análisis de varianza (ANAVA) para comparar las concentraciones de los metales en camarón de ambas zonas. Para determinar la existencia de las diferencias significativas entre los valores medios de los niveles de metales pesados se usó la prueba de comparación LSD *Post hoc*, con el paquete estadístico STATISTICA versión 6.

#### RESULTADOS

De los tres metales analizados en el músculo de los camarones provenientes de las zonas A y B de la laguna de Tamiahua, el Cu presentó concentraciones mayores a las observadas en Cd y Pb en todos los meses de muestreo (Tabla 1). El análisis de varianza indicó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones medias de los tres metales entre ambas zonas, así como entre los meses.

Los niveles de Cd en el músculo de los organismos de la zona A fueron de 0,005 a 0,011  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en los organismos obtenidos en agosto y abril, respectivamente, mientras que en la zona B, el rango fue de 0,001 a 0,017  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en los organismos obtenidos en agosto y marzo, en ese mismo orden.

Tabla 1. Concentración de Cd, Pb y Cu (media  $\pm$  desv. est.,  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  peso seco) en el músculo de camarón café *F. aztecus* de la zona A y B de la laguna de Tamiahua, Ver. Periodo enero-agosto de 2004.

	A	B
<b>Cd</b>		
Enero	0.030 $\pm$ 0.006 <sup>xa</sup>	0.035 $\pm$ 0.004 <sup>xb</sup>
Marzo	0.023 $\pm$ 0.004 <sup>xa</sup>	0.070 $\pm$ 0.009 <sup>yc</sup>
Abril	0.047 $\pm$ 0.008 <sup>xb</sup>	0.028 $\pm$ 0.004 <sup>yb</sup>
Agosto	0.021 $\pm$ 0.004 <sup>xa</sup>	0.006 $\pm$ 0.001 <sup>ya</sup>
<b>Pb</b>		
Enero	0.024 $\pm$ 0.004 <sup>xa</sup>	0.085 $\pm$ 0.008 <sup>y</sup>
Marzo	0.248 $\pm$ 0.031 <sup>b</sup>	n.d.
Abril	n.d.	n.d.
Agosto	n.d.	n.d.
<b>Cu</b>		
Enero	16.430 $\pm$ 1.026 <sup>xa</sup>	16.476 $\pm$ 2.005 <sup>xa</sup>
Marzo	19.419 $\pm$ 0.670 <sup>xab</sup>	24.460 $\pm$ 2.201 <sup>yb</sup>
Abril	12.904 $\pm$ 1.203 <sup>xac</sup>	21.596 $\pm$ 2.186 <sup>yb</sup>
Agosto	14.404 $\pm$ 0.440 <sup>xac</sup>	22.474 $\pm$ 1.630 <sup>yb</sup>

xy= diferencias significativas entre zonas.

abc= diferencias significativas entre los meses.

n.d.= no detectado. Límite de detección  $<0.01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de Pb.

Con respecto al Pb, en la zona A la concentración mayor fue de  $0,060 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en organismos del mes de marzo, mientras que durante los meses de abril y agosto se presentaron niveles por debajo del límite de detección (L.D.  $<0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). En la zona B, el único valor detectable fue de  $0,020 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en organismos obtenidos en el mes de enero.

En Cu, las concentraciones en el músculo de los camarones de la zona A se presentaron en un rango de 3,103 a  $4,670 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ; mientras que para la zona B, las concentraciones variaron de 3,962 a  $5,883 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

Los niveles de Cd y Pb en el músculo de camarón café de la laguna de Tamiahua se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles de la Norma Oficial Mexicana (NOM-029-SSA1, 1993) y la Comunidad Europea (EC, 2002), para la comercialización de crustáceos decápodos (Tabla 2), por lo que se considera que no constituye riesgo alguno para el consumo humano. Con respecto a

la concentración de Cu en el músculo de los camarones, ésta fue muy similar a las encontradas en el músculo de otros crustáceos decápodos en áreas poco impactadas por metales pesados (Ruiz-Fernández, 1992; Tron-Mayen, 1993; Bojórquez-Mascareño, 1999; Guns *et al.*, 1999).

Tabla 2. Comparación de la concentración promedio de los metales en el músculo<sup>1</sup> de camarón café con los niveles máximos permisibles por la norma mexicana y europea.

	Cd	Pb	Cu
NOM-029-SSA1-1993*	0.5	1.0	-
EC, 2002*	0.5	0.5	-
Presente estudio**	0.032	0.119	18.51
	0.010*	0.038*	5.92*

\* Niveles en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  peso húmedo.

\*\* Promedio en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  peso seco.

- No legislado.

<sup>1</sup> Humedad promedio del tejido 75.95 %.

Normalmente, el Cd se encuentra en bajas concentraciones en el músculo y hasta en más de 18 veces en el hepatopáncreas y glándula digestiva de los crustáceos decápodos (Fowler *et al.*, 1975; Peerzada *et al.*, 1992). Esto se debe a que el hepatopáncreas es el principal órgano de almacenamiento y desintoxicación de metales pesados en los crustáceos (Kargin *et al.*, 2001).

En cuanto a los niveles medidos de Pb, se encontró que éstos son semejantes a los obtenidos por Guns (1999) en el tejido muscular de dos especies de crustáceos decápodos; los bajos niveles reportados por este autor se atribuyeron a los esfuerzos de parte del gobierno europeo en reducir los niveles de metales en el ambiente.

Por otra parte, Fowler *et al.* (1975) y Kargin *et al.* (2001) reportaron concentraciones de Pb de hasta 14 veces más altas en diferentes crustáceos decápodos que las encontradas en el presente estudio, las cuales, según estos autores, estuvieron relacionadas con las altas concentraciones observadas en los sedimentos. En estudios realizados en camarones y cangrejos enteros, se encontraron niveles de Pb 75 veces mayores a los observados en el presente estudio, los cuales se atribuyeron a problemas de contaminación por metales (Ong Che y Cheung, 1998; Guhathakurta y Kaviraj, 2000).

En relación con otros tejidos como la gónada, las branquias y el hepatopáncreas, se han reportado concentraciones de Pb entre 3 y 5 veces superiores a las registradas en el músculo (Fowler *et al.*, 1975; Kargin *et al.*, 2001; Vázquez *et al.*, 2001). Lo anterior se atribuye a que estos órganos, especialmente el hepatopáncreas y las branquias, son sitios activos en la captura y almacenamiento de los metales.

Los niveles de Cu en el músculo de los organismos en este estudio, fueron similares a los reportados en el tejido muscular de otros crustáceos decápodos colectados en áreas no influenciadas por este metal (Tron-Mayen, 1993; Villanueva y Páez-Osuna, 1996; Guns *et al.*, 1999; Vázquez *et al.*, 2001); mientras que otros autores reportaron niveles relativamente superiores en crustáceos decápodos (Ruiz-Hernández, 1992; Bojórquez-Mascareño, 1999; Antón *et al.*, 2000; Kargin *et al.*, 2001). Las diferencias en las concentraciones se atribuyeron a factores biológicos como la talla (longitud total) de los organismos y los niveles presentes en el ambiente. Por lo tanto, las concentraciones de Cu en el músculo de los camarones de la laguna de Tamiahua son similares a los valores presentados por otros autores, por lo que se consideran normales, ya que este metal está presente en la hemocianina (Bryan, 1968) y en el hepatopáncreas de los crustáceos decápodos (Peerzada *et al.*, 1992; Kargin *et al.*, 2001). En consecuencia, la concentración de Cu en el músculo de los organismos analizados en este estudio, no se considera un riesgo para la salud humana, cuando éstos sean consumidos.

Las altas concentraciones de Cu en el músculo y otros tejidos de los camarones podría deberse, al igual que el Zn, a que son elementos esenciales regulados por los crustáceos decápodos según sus requerimientos metabólicos, aún en un amplio rango de concentración en el ambiente (Phillips y Rainbow, 1989). Por otra parte, los metales como el Cd y Pb son elementos no esenciales en los organismos acuáticos, y las concentraciones en los tejidos de los crustáceos dependen, principalmente, de factores como las variaciones fisicoquímicas del medio, la especie en cuestión, los niveles en los sedimentos y la tasa de captura y desintoxicación que exhiben los organismos (Peerzada *et al.*, 1992; Rainbow, 1995; Ong Che y Cheung, 1998; Kargin, *et al.*, 2001).

## CONCLUSIONES

Los niveles de Cd y Pb en el músculo de camarón café se encontraron dentro de los niveles que se reportan en la literatura. Asimismo, tales

concentraciones se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de la Norma Oficial Mexicana (NOM-029-SSA1-1993) y de los correspondientes a la Comisión Europea (EC, 2002) para la comercialización de crustáceos decápodos; por lo que el consumo de estos organismos no se considera de riesgo para la salud humana.

El Cu no está legislado; sin embargo, las concentraciones en el músculo de los camarones objeto del presente estudio son similares a los valores presentados por otros autores, las cuales son consideradas como normales en los organismos. Por lo que no se considera de riesgo para la salud de los humanos por su consumo.

Se encontraron diferencias significativas entre los valores medios de las concentraciones de los metales estudiados entre las zonas y los meses. Lo anterior, podría explicarse en términos de la variabilidad en los aportes de metales provenientes de fuentes naturales y antropogénicas, y de la influencia de factores fisicoquímicos, biológicos e hidrológicos.

La zona B, correspondiente al lugar denominado "Bocaina", presentó la concentración promedio relativamente más alta de Cd y Cu, mientras que en la zona A, de "Tantalamos", se encontró en mayor concentración el Pb. En ésta última, se encuentran la mayoría de las cooperativas que extraen, además del camarón, los recursos pesqueros de escama y ostión; por lo que la concentración de Pb observada podría ser el resultado de un mayor consumo de combustibles (gasolina y aceite) por parte de las cooperativas de esta zona.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a COSNET por el apoyo otorgado para la realización del presente estudio a través del Proyecto Ostión con clave 1252.01-MPIbis. Asimismo, se agradece al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y al Instituto Tecnológico de Boca del Río el apoyo brindado para la presentación de este estudio en el Congreso Internacional Marcuba 2006.

## REFERENCIAS

Antón, A., T. Serrano, E. Angulo, G. Ferrero and A. Rallo (2000): The use of two species of crayfish as environmental quality sentinels: the relationship between heavy metal content, cell and tissue

- biomarkers and physico-chemical characteristics of the environment. *The Science of the Total Environment* 247: 239-251.
- ATSDR (1999a). Toxicological profile for cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov>.
- ATSDR (1999b): Toxicological profile for lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov>.
- ATSDR (2004): Toxicological profile for copper. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov>.
- Bojórquez-Mascareño, E.I. (1999): Concentración y distribución de metales pesados en los tejidos de los crustáceos decápodos *Panulirus gracilis*, *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* de la región sureste del Golfo de California. México, Universidad Nacional Autónoma de México, *Tesis de Maestría*, 69 pp.
- Castañeda, L.O. y E.F. Contreras (1994): Bibliografía comentada sobre ecosistemas costeros mexicanos (3). Golfo de México I. (de Tamaulipas a Veracruz), CONABIO/UAM-1/CDELM, 615 pp.
- CEM (1991): Microwave sample preparation note: BI-8, for fish tissue.
- Contreras-Espinosa, F., O. Castañeda-López, E. Barba-Macías y M.A. Pérez-Hernández; (2002). Caracterización e importancia de las lagunas costeras. In: La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo, (*Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana*, eds.), SAGARPA, pp:31-43.
- EC (2002): Official Journal of the European Communities. Commission Regulation (EC) No. 472/2002. <http://www.useu.be/agri/2002-26.pdf>.
- FDA (1993a): Guidance document for cadmium in shellfish. Center for Food Safety and Applied Nutrition. <http://www.fda.gov>.
- FDA (1993b): Guidance document for lead in shellfish. Center for Food Safety and Applied Nutrition. <http://www.fda.gov>.
- Fowler, B.A., R.C. Fay, R.L. Walter, R.D. Willis and W.F. Gutknecht (1975): Levels of toxic metals in marine organism collected from southern California coastal waters. *Environmental Health Perspectives* 12: 71-76.
- Guhathakurta, H. and A. Kaviraj (2000): Heavy metal concentration in water, sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) and mullet (*Liza parsia*) in some brackish water ponds of Sunderban, India. *Marine Pollution Bulletin* 40(11): 914-920.
- Guns, M., H.P. Van, W. Vyncke and H. Hillewaert (1999): Trace metals in selected benthic invertebrates from Belgian coastal waters (1981-1996). *Marine Pollution Bulletin* 38(12): 1184-1193.
- Holthuis, L.B. (1980). Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Synopsis* 1(125), 27 pp.
- Kargin, F., A. Dönmez and H.Y. Çoğun (2001): Distribution of heavy metal in different tissues of the shrimp *Penaeus semiculatus* and *Metapenaeus monocerus* from the Iskenderum Gulf, Turkey: seasonal variations. *Bulletin Environment Contamination Toxicology* 66:102-109.
- Moody, J.R. and R.M. Lindstrom (1977): Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. *Analytical Chemistry* 49: 2264-2267.
- NOM-029-SSA1 (1993): Bienes y servicios, productos de la pesca: Crustáceos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. México, Norma Oficial Mexicana.
- Ong Che, R.G y S.G. Cheung (1998): Heavy metals in *Metapenaeus ensis*, *Eriocheir sinensis* and sediment from the Mai Po marshes, Hong Kong. *The Science of the Total Environment* 214: 87-97.
- Peerzada, N., M. Nojok and C. Lee (1992): Distribution of heavy metals in prawns from northern territory, Australia. *Marine Pollution Bulletin* 24(8): 416-418.
- Phillips, D.J.H. and P.S. Rainbow (1989): Strategies of trace metals sequestration in aquatic organisms. *Marine Environmental Research* 28: 207-210.
- Rainbow, P.S. (1995): Physiology, physicochemistry and metal uptake -A crustacean perspective. *Marine Pollution Bulletin* 31(1-3):55-59.

Ruiz-Fernández, A.C. (1992). Estudio de la concentración de metales pesados en camarones *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, *Tesis profesional*, 105 pp.

SAGARPA (2002): Anuario Estadístico de Pesca. México.

Schultz-Ruiz, L.E., J.J. Rivas-Villegas y C.A. Severino-Hernández (2002): Pesquería del camarón. En: *La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo* (Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana, ed), México, pp:195-201.

Tron-Mayen, L. (1993). Metales pesados en branquias, exoesqueleto, hepatopáncreas, músculo y porción anterior del cefalotórax de los camarones *Penaeus vannamei* Boone y *Penaeus californienis*

Holmes. México, Universidad Nacional Autónoma de México, *Tesis profesional*, 58 pp.

Vázquez, F.G., V.K. Sharma, Q.A. Mendoza and R. Hernández (2001): Metals in fish and shrimp of the Campeche sound, Gulf of México. *Bulletin Environment Contamination Toxicology* 67: 756-762.

Villanueva, F.S. y F. Páez-Osuna (1996): Niveles de metales en el Golfo de México: agua, sedimentos y organismos. En: *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias* (A.V. Botello, J.L. Rojas-Galavíz, J.A. Benitez y D. Zárate-Lomeli, eds.), Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica 5, pp: 309-347.

Aceptado: 30 de noviembre de 2008