

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.

Heavy Metals (Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2}) in Muscle and Cephalothorax of Wild Shrimp (*Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* and *F. brasiliensis*) From the Eastern Region of Venezuela.

Mélida Boada¹, María A. Moreno², Humberto Gil¹, Jesús Marcano¹ y Jorge Maza¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA-S/NE. ² Instituto Universitario de Tecnología. Cumaná.
E-mail: mboada@inia.gob.ve

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el contenido de metales pesados en camarones peneidos silvestres *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis*, en el Golfo de Cariaco, Golfo de Paria (estado Sucre) e Isla de Margarita (estado Nueva Esparta), Venezuela, se determinó la concentración ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco) de Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} y Zn^{+2} , en músculo y cefalotórax mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Se realizó un análisis de varianza para comparar los datos transformados de las concentraciones de cada uno de los metales con relación a la localidad, especie, talla y órgano analizado, previa determinación de la normalidad y homogeneidad de las varianzas. El orden decreciente de acumulación del contenido de metales fue el siguiente: Cefalotórax, $\text{Zn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$, con la excepción de *F. notialis* capturados en el Golfo de Paria, en el cual el contenido de plomo no fue detectado ($\text{Zn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$); mientras que para *F. brasiliensis* capturado en la Isla de Margarita el orden decreciente fue $\text{Cu}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$. En el músculo: $\text{Zn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$, excepto en *F. subtilis* y *L. schmitti* procedentes del Golfo de Cariaco, donde el plomo supera al cobre ($\text{Zn}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$). No se consideraron los valores promedio de cadmio para el análisis estadístico porque sólo se detectó el metal en el 25% de las muestras analizadas. Las concentraciones determinadas están dentro de los límites internacionales máximos permisibles para cada metal en camarones.

Palabras clave: Metales pesados, camarones, abdomen, cefalotórax.

ABSTRACT

In order to evaluate the heavy metal content in wild shrimp *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* and *F. brasiliensis*, in Gulf of Cariaco, Gulf of Paria (Sucre State) and Margarita Island (Nueva Esparta State), Venezuela, the concentration ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ dry weight) of Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} and Zn^{+2} , was determined in muscle and cephalothorax using atomic absorption spectrophotometry technique. Analyses of variance were performed in order to compare the concentrations transformed data of each metal in relation to locality, species, size and organ analyzed, with a previous determination of normality and homogeneity of the data. The decreasing order of cumulative metal content was as follows: Cephalothorax, $\text{Zn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$, with the exception of *F. notialis* captured in Gulf of Paria, in which the content of lead was not detected ($\text{Zn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$); whereas for *F. brasiliensis* captured in Margarita Island the decreasing order was $\text{Cu}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$. In muscle: $\text{Zn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$, except in *F. subtilis* and *L. schmitti* from Gulf of Cariaco, where lead is higher than copper ($\text{Zn}^{+2} > \text{Pb}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Cd}^{+2}$). Average values of cadmium concentration were not included in the statistical analyses because the metal was only detected in 25% of the analyzed samples. The concentrations determined are within the maximum allowable international limits for each metal in shrimp.

Key words: Heavy metals, shrimps, muscle, cephalothorax.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son elementos naturales que se encuentran en los ecosistemas acuáticos, debido a procesos

naturales tales como la actividad volcánica, la erosión, por desechos industriales y depósitos de aguas residuales. El incremento progresivo en su concentración crea problemas en zonas costeras, lagos y ríos debido a la persistencia de los metales en el medio ambiente, a su toxicidad a bajas concentraciones, al grado de concentración por organismos acuáticos [6,11,19] y al transporte a otros tejidos [12,27].

La importancia de estudiar las concentraciones de los metales pesados en el ambiente costero y estuarino se debe a que éstos son muy movilizados por el hombre (fuentes antropogénicas) y son potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos. Los organismos expuestos a estos contaminantes, pueden acumular los metales en sus tejidos a concentraciones más altas que las que normalmente se encuentran en el ambiente (proceso conocido como bioacumulación) y algunos de estos organismos son consumidos por el hombre dado su valor comercial [20].

Los metales trazas esenciales (Fe, Mn, Co, Zn, Cu, Ni) y tóxicos (Cd, Hg, Cr, Pb, etc.), son importantes en los estudios nutricionales, fisiológicos y toxicológicos, ya que actúan en las actividades enzimáticas, activándolas o bloqueándolas por inhibición de otros metales que compiten por los sitios activos de las enzimas [5]. Los metales esenciales, además, se encuentran incorporados dentro de los pigmentos respiratorios y otras sustancias activamente biológicas [6].

El conocimiento de la distribución de los metales pesados en los tejidos de los camarones es útil para poder identificar, qué órgano específico puede ser particularmente selectivo y sensitivo con relación a la acumulación de los mismos [31].

Diversas investigaciones sobre las concentraciones de metales pesados en los camarones han revelado tendencias bien definidas respecto a la distribución de algunos metales en sus tejidos. Las concentraciones de Zn, Cu y Cd fueron mayores en el hepatopáncreas que en el músculo de *Penaeus merguianus* en Townsville, Australia [10], en hembras y machos de *Litopenaeus vannamei* [24] y de *Farfantepenaeus californiensis* [23] en la costa noreste de México y en *P. semisulcatus* en el Golfo Pérsico [27]. De igual manera se reportan mayores concentraciones de estos metales en el cefalotórax de *P. esculentus* del estrecho Torres, Australia [30] y de *P. monodon* de la Bahía de Bengal [13], donde se consideró además de los metales mencionados, el Pb.

Se han reportado mayores concentraciones de Zn que de Cu y Cd en el músculo de *P. kerathurus* de las aguas costeras del noreste mediterráneo, en Turquía [1], de *P. latisulcatus* del Golfo de San Vincent, al sur de Australia [16], de *P. notialis* de la costa de Ghana [2], de *P. japonicus* del Mar de Arabia, Pakistán [32], de *P. vannamei* [22] en México y de *P. merguianus* en el Golfo Pérsico [26].

Morales [17], reporta mayores concentraciones de Zn que de Cu en *F. aztecus*, *F. brasiliensis* y *F. duorarum* en el noroeste de Margarita y Sur de Trinidad.

El objetivo del presente estudio fue determinar las concentraciones de metales pesados (Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} y Zn^{+2}) en las especies autóctonas, comercialmente importantes para las pesquerías, como es el caso de los camarones peneidos silvestres *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis* [18] y compararlas sobre una base geográfica, como un apoyo para el monitoreo ambiental [20].

Las concentraciones de los metales pesados pueden servir de valores de referencia en futuras normas específicas para camarones silvestres procesados; ya que en Venezuela, solamente existen normas para el consumo de pepitonas en conservas [7], atún en conserva [8] y sardinas en conservas [9] referidas a los metales pesados (Cadmio, Cobre y Plomo) y límites máximos residuales para Arsénico total, cadmio, cromo, plomo y cobre para camarón de cultivo [14].

MATERIALES Y MÉTODOS

Los juveniles de camarones peneidos (*L. schmitti*, *F. subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis*) fueron capturados en el Golfo de Cariaco (Chiguana y Puerto Nuevo), Golfo de Paria (Soro y Punta las Piedras), estado Sucre y en la Isla de Margarita (La Isleta y Punta de Piedras), estado Nueva Esparta, Venezuela, FIG. 1, en muestreos semestrales realizados con un chinchorro playero de 8 m de largo y abertura de malla de 1 cm, entre los años 1997 y 2001. Los camarones se separaron por especies [25] y por grupo de tallas, en intervalos de 1 cm con un rango de 2,5 a 8,5 cm y posteriormente se pesaron. Para la preparación de las muestras, se disectó el cefalotórax y el músculo, previamente lavados con agua desmineralizada. Se pesó alrededor de 0,5 g de cada uno de los tejidos en crisoles de porcelana, por triplicado para cada muestra y se calcinaron en una mufla durante 24 horas a 500-600°C. El análisis de los metales pesados se determinó por el método de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando los espectrofotómetros Perkin Elmer modelo 303 (EUA) y Analyst 700 (EUA) con el uso de patrones estándares titrisol (Merck) de cobre, cadmio, plomo y zinc. Las cenizas fueron sometidas a digestión con HNO_3 (50%), filtrada sobre papel Whatman 42 y posteriormente diluidas a 10 ml con HCL-HNO_3 al 1%. Se hicieron las curvas de calibración de absorbancia en función de la concentración de las muestras y por extrapolación gráfica y los factores de conversión apropiados, se determinó la concentración de cada uno de los metales en las muestras expresadas en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco [21].

Se determinó la normalidad y homogeneidad de las varianzas de los datos de cobre, plomo y zinc obtenidos y los datos fueron transformados utilizando, en el caso de cobre y plomo, la transformación logarítmica y en el caso de zinc, la transformación raíz cuadrada recíproca [3]. No se consideraron los valores de las concentraciones de cadmio en el análisis estadístico, porque no se detectó en el 75% de las muestras analizadas. Se realizó un análisis de varianza de una vía [35]

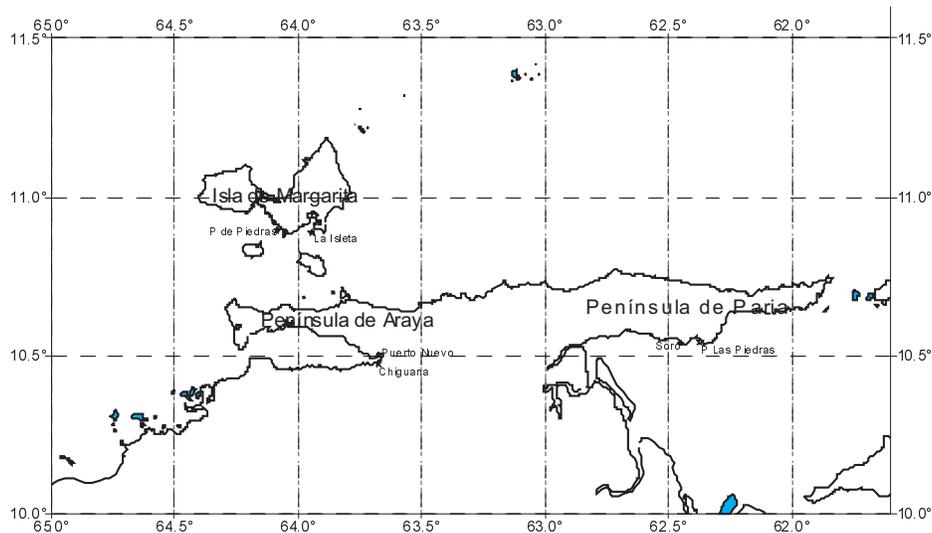


FIGURA 1. ÁREA DE MUESTREO. GOLFO DE CARIACO (CHIGUANA, PUERTO NUEVO). GOLFO DE PARIA (SORO, PUNTA LAS PIEDRAS). ISLA DE MARGARITA (LA ISLETA, PUNTA DE PIEDRAS) / STUDY AREA. GULF OF CARIACO (CHIGUANA, PUERTO NUEVO). GULF OF PARIA (SORO, PUNTA, LAS PIEDRAS). MARGARITA ISLAND (LA ISLETA, PUNTA DE PIEDRAS).

entre el contenido de cada uno de los metales, la localidad (Golfo de Cariaco, Golfo de Paria, Isla de Margarita), las especies de camarones peneidos, rango de tallas y órganos (cefalotórax y músculo). Se realizó una prueba MDS (Mínima Diferencia Significativa) ($\alpha = 0,05$) para determinar cual de los efectos era más significativo. Los datos fueron procesados con el programa Statgraphics Plus, versión 4,1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El orden decreciente de concentración de los metales detectados en el cefalotórax y músculo en los camarones analizados, en esta investigación, fue el siguiente: Cefalotórax, $Zn^{+2} > Cu^{+2} > Pb^{+2} > Cd^{+2}$, con la excepción de *Farfantepenaeus notialis* capturados en el Golfo de Paria, en el cual el contenido de plomo no fue detectado ($Zn^{+2} > Cu^{+2} > Cd^{+2}$) mientras que para *F. brasiliensis* capturado en la Isla de Margarita el orden decreciente fue $Cu^{+2} > Zn^{+2} > Pb^{+2} > Cd^{+2}$. En el músculo: $Zn^{+2} > Cu^{+2} > Pb^{+2} > Cd^{+2}$, excepto en *F. subtilis* y *Litopenaeus schmitti* procedentes del Golfo de Cariaco, donde el plomo supera al cobre ($Zn^{+2} > Pb^{+2} > Cu^{+2} > Cd^{+2}$).

Las concentraciones promedio de cobre ($\mu g \cdot g^{-1}$) en el músculo y el cefalotórax en las cuatro especies estudiadas de las tres localidades se muestran en la TABLA I. Se analizó un total de 269 muestras. Las concentraciones de este metal fueron mayores en las especies que presentaron las tallas menores ($P = 0,002$). Solamente se observó diferencias significativas entre el contenido de cobre y los órganos analizados ($P = 0,001$). La prueba a posteriori MDS mostró, para este metal, el efecto más significativo en el cefalotórax.

Las concentraciones promedio de zinc ($\mu g \cdot g^{-1}$) en el músculo y el cefalotórax en las cuatro especies estudiadas de las tres localidades se muestran en la TABLA II. Se analizó un

total de 270 muestras. Las concentraciones de este metal fueron mayores en las especies que presentan las tallas mayores ($P = 0,015$). Se observó diferencias significativas entre el contenido de zinc y las especies estudiadas ($P = 0,000$), el órgano analizado ($P = 0,000$) y las localidades muestreadas ($P = 0,000$). La prueba a posteriori MDS mostró el efecto más significativo en la especie *Farfantepenaeus brasiliensis*; en la localidad Isla de Margarita y en el músculo.

El Zn y el Cu son metales esenciales, los cuales son requeridos por los sistemas biológicos como componentes estructurales y catalíticos de proteínas y enzimas; así como, cofactores esenciales para el crecimiento y el desarrollo normal de los organismos, debido a que la asimilación implica la formación de complejos con sustancias orgánicas, no siendo fácilmente excretados [28, 29]. Por tal motivo, es de esperarse este orden decreciente de estos metales en los tejidos (cefalotórax y músculo) en los camarones analizados.

Los niveles más altos de Zn y Cu en el cefalotórax se deben principalmente a que en él se encuentran las branquias y el hepatopáncreas y en ambos, las metalotioninas están involucradas en el metabolismo de estos metales esenciales. Además, la mayor concentración de cobre en los crustáceos decápodos se encuentra en el hepatopáncreas y en la sangre, donde forma parte del pigmento respiratorio o hemocianina [4].

Desde el punto de vista fisiológico, el hepatopáncreas está relacionado con el metabolismo del cobre. El transporte de los metales se realiza a través de las membranas biológicas semipermeables (branquias y otros epitelios) y debe realizarse por medio de proteínas específicas para el transporte de metales. Los camarones son capaces de mantener niveles constantes de cobre, mediante procesos de regulación iónica en sus tejidos [29].

TABLA I
CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL MÚSCULO Y CEFALOTÓRAX DE *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* EN LAS LOCALIDADES: GOLFO DE CARIACO, GOLFO DE PARIÁ E ISLA DE MARGARITA. PERÍODO 1997-2001 / CONCENTRATIONS OF COPPER IN MUSCLE AND CEPHALOTHORAX OF *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* FROM: GULF OF CARIACO, GULF OF PARIÁ AND MARGARITA ISLAND, DURING 1997-2001.

Localidad	Especie	LT (cm)	Órgano	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco)
Golfo de Cariaco	<i>L. schmitti</i>	(3,44 \pm 0,50)	Músculo	(18,79 \pm 8,28)
			Cefalotórax *	(51,19 \pm 23,45)
	<i>F. subtilis</i>	(3,86 \pm 1,03)	Músculo	(16,98 \pm 10,40)
			Cefalotórax *	(43,56 \pm 26,62)
	<i>F. notialis</i>	(3,90 \pm 0,50)	Músculo	(11,80 \pm 4,00)
			Cefalotórax *	(36,20 \pm 18,10)
Golfo de Paria	<i>F. subtilis</i>	(5,90 \pm 1,20)	Músculo	(15,00 \pm 6,73)
			Cefalotórax *	(42,90 \pm 18,48)
	<i>F. notialis</i>	(4,40 \pm 1,41)	Músculo	(24,00 \pm 9,48)
			Cefalotórax *	(38,50 \pm 8,52)
Isla de Margarita	<i>F. brasiliensis</i>	(7,30 \pm 0,80)	Músculo	(11,98 \pm 7,25)
			Cefalotórax *	(40,23 \pm 1,30)

(-): media \pm desviación estándar. LT: Longitud total. *: diferencias significativas.

TABLA II
CONCENTRACIONES DE ZINC EN EL MÚSCULO Y CEFALOTÓRAX DE *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* EN LAS LOCALIDADES: GOLFO DE CARIACO, GOLFO DE PARIÁ E ISLA DE MARGARITA. PERÍODO 1997-2001 / CONCENTRATIONS OF ZINC IN MUSCLE AND CEPHALOTHORAX OF *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* FROM: GULF OF CARIACO, GULF OF PARIÁ AND MARGARITA ISLAND. DURING 1997-2001.

Localidad	Especie	LT (cm)	Órgano	Zinc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco)
Golfo de Cariaco	<i>L. schmitti</i>	(3,44 \pm 0,50)	Músculo	(52,77 \pm 33,76)
			Cefalotórax	(109,53 \pm 148,76)
	<i>F. subtilis</i>	(3,86 \pm 1,03)	Músculo	(59,03 \pm 81,29)
			Cefalotórax	(99,91 \pm 113,58)
	<i>F. notialis</i>	(3,90 \pm 0,50)	Músculo	(28,10 \pm 15,40)
			Cefalotórax	(71,70 \pm 76,50)
Golfo de Paria	<i>F. subtilis</i>	(5,90 \pm 1,20)	Músculo	(72,80 \pm 82,45)
			Cefalotórax	(82,60 \pm 88,05)
	<i>F. notialis</i>	(4,40 \pm 1,41)	Músculo	(90,50 \pm 64,72)
			Cefalotórax	(55,70 \pm 54,00)
Isla de Margarita *	<i>F. brasiliensis</i> *	(7,30 \pm 0,80)	Músculo *	(20,34 \pm 9,68)
			Cefalotórax	(28,78 \pm 5,87)

(-): media \pm desviación estándar. LT: Longitud total. *: diferencias significativas.

El mayor contenido de Zn en camarones de mayores tallas, se debe a que los requerimientos metabólicos de este metal son mayores en estos organismos más desarrollados [24].

Estos resultados concuerdan con el orden decreciente de los valores de zinc, cobre y cadmio, mayores en el hepatopáncreas que en el músculo reportados para *Penaeus merguensis* [10], *Litopenaeus vannamei* [24], *Farfantepenaeus californiensis* [23], *P. semisulcatus* [27], *P. esculentus* [30] y de *P. monodon* [13].

De igual manera, coinciden con las concentraciones de zinc, cobre y cadmio, reportados en el músculo de *P. kerathurus* [1], *P. latisulcatus* [16], *P. notialis* [2], *P. japonicus* [32], *P. vannamei* [22] y *P. merguensis* [26].

Este comportamiento parece ser un patrón general de bioacumulación en los camarones, al igual que en otros crustáceos. Parte del cobre y zinc encontrados en el músculo, es debido al papel que juegan estos metales como un activador de numerosas enzimas que se hallan presentes en la glándula digestiva de los crustáceos decápodos [4].

Las concentraciones promedio de cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en el músculo y el cefalotórax en las cuatro especies estudiadas de las tres localidades se muestran en la TABLA III. Se analizó un total de 270 muestras. No se realizó el tratamiento estadístico de los resultados, porque el metal no fue detectado en el 75% de las muestras analizadas.

Las concentraciones promedio de plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en el músculo y el cefalotórax en las cuatro especies estudiadas de las tres localidades se muestran en la TABLA IV. Se analizó un total

de 211 muestras. Las concentraciones de este metal fueron mayores en los ejemplares de tallas menores ($P = 0,019$), excepto para los ejemplares de *Farfantepenaeus notialis*, en los que no se detectó el plomo. Se observó diferencias significativas entre el contenido de plomo y las especies estudiadas ($P = 0,027$) y las localidades muestreadas ($P = 0,018$). La prueba a posteriori MDS mostró dos grupos con relación a las especies estudiadas con el efecto más significativo en el grupo formado por las especies *Litopenaeus schmitti* y *F. subtilis* con el valor de la media más alto para *L. schmitti*, en la localidad de Golfo de Cariaco.

Los valores más altos de las concentraciones de plomo en *F. subtilis* y *L. schmitti* de la localidad Golfo de Cariaco, probablemente se deba a que este metal compita con el cobre, el cual es un elemento bioesencial y lo sustituya eficientemente por los ligandos específicos de estos cationes dentro de la célula. De encontrarse en altas concentraciones, estos metales pueden unirse a ligandos no específicos de los iones metálicos, ocupando así espacios celulares o receptores cuya función es bloqueada por la presencia de los mismos [33, 34]. Las concentraciones determinadas están dentro de los límites internacionales máximos permisibles para cada metal [15].

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La concentración de Zn^{+2} en el cefalotórax y el músculo de *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis* y *F. brasiliensis* fue mayor que la del Cu^{+2} , Pb^{+2} y Cd^{+2} .

El Pb^{+2} no fue detectado en *F. notialis* procedentes del Golfo de Paria.

TABLA III

CONCENTRACIONES DE CADMIO EN EL MÚSCULO Y CEFALOTÓRAX DE *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* EN LAS LOCALIDADES: GOLFO DE CARIACO, GOLFO DE PARIÁ E ISLA DE MARGARITA. PERÍODO 1997-2001 / CONCENTRATIONS OF CADMIUM IN MUSCLE AND CEPHALOTHORAX OF *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* FROM: GULF OF CARIACO, GULF OF PARIÁ AND MARGARITA ISLAND. DURING 1997-2001.

Localidad	Especie	LT (cm)	Órgano	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco)
Golfo de Cariaco	<i>L. schmitti</i>	(3,44 ± 0,50)	Músculo	(0,08 ± 0,22)
			Cefalotórax	(0,87 ± 1,24)
	<i>F. subtilis</i>	(3,86 ± 1,03)	Músculo	(0,83 ± 3,83)
			Cefalotórax	(0,66 ± 0,94)
	<i>F. notialis</i>	(3,90 ± 0,50)	Músculo	(2,30 ± 5,40)
			Cefalotórax	(0,60 ± 1,00)
Golfo de Paria	<i>F. subtilis</i>	(5,90 ± 1,20)	Músculo	(0,10 ± 0,11)
			Cefalotórax	(0,40 ± 0,28)
	<i>F. notialis</i>	(4,40 ± 1,41)	Músculo	(0,30 ± 0,37)
			Cefalotórax	(0,10 ± 0,17)
Isla de Margarita	<i>F. brasiliensis</i>	(7,30 ± 0,80)	Músculo	(0,71 ± 1,30)
			Cefalotórax	(0,92 ± 1,02)

(-): media ± desviación estándar. LT: Longitud total.

TABLA IV
CONCENTRACIONES DE PLOMO EN EL MÚSCULO Y CEFALOTÓRAX DE *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* EN LAS LOCALIDADES: GOLFO DE CARIACO, GOLFO DE PARIÁ E ISLA DE MARGARITA. PERÍODO 1997-2001 / CONCENTRATIONS OF LEAD IN MUSCLE AND CEPHALOTHORAX OF *LITOPENAEUS SCHMITTI*, *FARFANTEPENAEUS SUBTILIS*, *F. NOTIALIS* Y *F. BRASILIENSIS* FROM: GULF OF CARIACO, GULF OF PARIÁ AND MARGARITA ISLAND. DURING 1997-2001.

Localidad	Especie	LT (cm)	Órgano	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco)
Golfo de Cariaco *	<i>L. schmitti</i> **	(3,44 \pm 0,50)	Músculo	(29,27 \pm 29,27)
			Cefalotórax	(23,32 \pm 12,31)
	<i>F. subtilis</i> *	(3,86 \pm 1,03)	Músculo	(19,05 \pm 22,28)
			Cefalotórax	(19,24 \pm 24,60)
	<i>F. notialis</i>	(3,90 \pm 0,50)	Músculo	(8,60 \pm 5,40)
			Cefalotórax	(10,90 \pm 5,10)
Golfo de Paria	<i>F. subtilis</i>	(5,90 \pm 1,20)	Músculo	(7,10 \pm 10,56)
			Cefalotórax	(1,60 \pm 3,35)
	<i>F. notialis</i>	(4,40 \pm 1,41)	Músculo	n.d.
			Cefalotórax	n.d.
Isla de Margarita	<i>F. brasiliensis</i>	(7,30 \pm 0,80)	Músculo	(8,69 \pm 8,11)
			Cefalotórax	(13,49 \pm 8,02)

(-): media \pm desviación estándar. LT: Longitud total. *: diferencias significativas. n.d.: No detectable.

La concentración de Cu^{+2} en el cefalotórax de *F. brasiliensis* capturado en la Isla de Margarita fue mayor que la del Zn^{+2} , Pb^{+2} y Cd^{+2} .

En el músculo de *F. subtilis* y *L. schmitti* procedentes del Golfo de Cariaco, la concentración del Pb^{+2} fue mayor que la del Cu^{+2} y del Cd^{+2} .

Se recomienda extender la investigación de la presencia de estos metales a otras áreas del país, así como también considerar el análisis de otros metales tales como el mercurio y el cromo e incluir los análisis en agua y sedimento.

AGRADECIMIENTO

La investigación fue financiada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y los análisis realizados en el Laboratorio de Química del Instituto Universitario Tecnológico (IUT) de Cumaná.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BALKAS, T.I.; TUGRUL, S.; SALIHOGLU, I. Trace Metal Levels in Fish and Crustaceans from Northeastern Mediterranean Coastal Waters. London. **Mar. Environ. Res.** 6 (4): 281-289. 1982.
- [2] BINEY, C.; AMEYIBOR, E. Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus notialis* from the coast of Ghana. **Water Air Soil Poll.** 63: 273-279. 1992.
- [3] BOX, G.; COX, D. An analysis of transformations. **J. Royal Statist. Soc., B.** 26: 211-243. 1964.
- [4] BRYAN, G. Concentrations of zinc and copper in the tissues of decapods crustaceans. **J. Mar. Biol. Ass., U. K.** 48: 303-321. 1968.
- [5] BOWEN, H. **Trace elements in Biochemistry.** Academic Press. New York. 245 pp. 1966.
- [6] COTTON, F.; WILKINSON, G. **Basic Inorganic Chemistry.** John Wiley & Sons (Eds.) 590 pp. 1976.
- [7] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) (1947:94). Pepitonas en conserva. 1ª Rev. Caracas, Venezuela. 1994.
- [8] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) (1766:95). Atún en conserva. Caracas, Venezuela. 1995.
- [9] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) (1087:98). Sardinias en conservas. 5ª Rev. Caracas, Venezuela. 1998.
- [10] DARMONO, D.; DENTON, G. Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville region of Australia. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 44: 479-486. 1990.
- [11] EISLER, R. **Trace metal concentrations in marine organisms.** Pergamon Press, New York. 687 pp. 1990.

- [12] FRANCESCONI, K.; MOORE, E.; JOLL, L. Cadmium in saucer scallop, *Amusium balloti*, from western Australian waters: Concentration in adductor muscle and redistribution following frozen storage. **Aust. J. Mar. Freshw. Res.** 44: 457-479. 1993.
- [13] HOSSAIN, M. S.; YUSUF, S. A. Trace metals in penaeid shrimp and spiny lobster from the Bay of Bengal. **Sci. Asia.** 27: 165-168. 2001.
- [14] INAPESCA. Manual de procedimientos. Programa de control de residuos. Camarón cultivado. Procedimiento DSP/MPCR/P01, proceso de inspección de granjas y plantas procesadoras de camarón cultivado. 24 pp. 2002.
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (I.A.E.A.). Intercalibration of analytical methods on marine environmental samples. Trace elements measurements on shrimp homogenate. Progress Report # 34. Mónaco. 27 pp. 1987.
- [16] MAHER, W. Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, South Australia. **Water Air Soil Poll.** 29: 77-84. 1986.
- [17] MORALES, E. Contenidos de Cobre, Hierro y Zinc en tres especies de langostinos del género *Penaeus* del nordeste de Margarita y sur de Trinidad. Universidad de Oriente. (Trabajo de Grado). 68 pp. 1977.
- [18] NOVOA, D.; MENDOZA, J.; MARCANO, L.; CARDENAS, J. **El atlas pesquero marítimo de Venezuela.** MAC-SARPA y VECEP. Caracas, 197 pp. 1998.
- [19] PÁEZ, F. Efectos de los metales. En: **Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: diagnóstico y tendencias.** (Eds) Botello, A.V., Rojas-Galaviz, J.L., Bénitez, J.A.; Zárate-Lomelí. EPOMEX Serie Científica, México. 5, 349-361 pp. 1996.
- [20] PÁEZ, F.; FRÍAS, M. Bioacumulación, distribución y efectos de los metales pesados en los peneidos. En: **Camaronicultura y medio ambiente.** Unidad Académica Mazatlán. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa, México. 244-270 pp. 2001.
- [21] PÁEZ, F.; MARMOLEJO, C. Occurrence and seasonal variation of heavy metals in the oyster *Crassostrea iridescens*. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 44: 129-134. 1990.
- [22] PÁEZ, F.; RUIZ, A. Trace metals in the Mexican shrimp *Penaeus vannamei* from estuarine and marine environments. **Environ. Poll.** 87(2): 243-247. 1995.
- [23] PÁEZ, F.; TRON, L. Distribution of heavy metals in tissues of the shrimp *Penaeus californiensis* from the northwest coast of Mexico. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 55: 209-215. 1995a.
- [24] PÁEZ, F.; TRON, L. Concentration and distribution of heavy metals in tissues of wild and farmed shrimp *Penaeus vannamei* from the northwest coast of Mexico. **Environ. Int.** 22 (4): 443-450. 1995b.
- [25] PÉREZ, I.; KENSLEY, B. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and Diagnoses for the Families and Genera. NOAA/NMFS. National Museum of Natural History Smithsonian Institution. Washington, D.C. USA. 235 pp. 1997.
- [26] POURANG, N.; AMINI, G. Distribution of trace elements in tissues of two shrimp species from Persian Gulf and effects of storage temperature on elements transportation. **Water Air Soil Poll.** 129: 229-243. 2001.
- [27] POURANG, N.; DENNIS, J.; GHOURCHIAN, H. Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their distribution during storage. **Environ. Monit. Assess.** 100: 71-88. 2005.
- [28] REYES, R. Las metalotioninas como biomarcadores moleculares de la contaminación por metales pesados en organismos acuáticos. **Intercien.** 24 (6): 366-371. 1999.
- [29] SCELZO, M. Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). **Invest. Mar.** Valparaiso. 25: 177-185. 1997.
- [30] SCHNEIDER, P. Metal source and distribution in Torres Strait and related impacts to the tiger prawn *Penaeus esculentus*. University of Technology, Sidney. (MSc Thesis). 74 pp. 1990.
- [31] SZEFER, P.; SZEFER, R.; SKWARZEC, B. Distribution of trace metals in some representative fauna of the Southern Baltic. **Mar. Poll. Bull.** 21: 60-62.
- [32] TARIQ, J.; JAFFAR, M.; ASHRAF, M.; MOAZZAM, M. Heavy metal concentrations in fish, shrimp, seaweed, sediment and water from the Arabian Sea, Pakistan. **Mar. Poll. Bull.** 26(11): 644-647. 1993.
- [33] VIARENGO, A. Heavy metals in marine invertebrates: Mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. **Aquat. Sci.** 1: 295-317. 1989.
- [34] VIARENGO, A.; NOTT, J. Mechanisms of heavy metal cation homeostasis in marine invertebrates. **Comp. Biochem. Physiol.** 104C: 355-372. 1993.
- [35] Zar, J. **Biostatistical analysis.** 2nd Ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 120 pp. 1984.