

## METALES TRAZAS EN TEJIDOS BLANDOS DE CALLINECTES ORNATUS PROCEDENTES DE LAS LAGUNAS COSTERAS BOCARIPO Y CHACOPATA (PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE).

PÉREZ LORETO, MARILÚ<sup>1</sup> GREGORIO MARTÍNEZ<sup>2</sup>, IVIS FERMÍN<sup>3</sup> & FELICIA BRITO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Ecológicas “Guayacán”, Vicerrectorado Académico, Universidad de Oriente.  
\*mperezloreto@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

<sup>3</sup>Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

**RESUMEN:** Los metales trazas pueden ser acumulados y transformar los nutrientes en sustancias tóxicas; por ello, se propuso determinar las concentraciones (mg Kg<sup>-1</sup> de masa seca) de zinc, hierro, manganeso, cobre, cromo, cadmio, plomo y níquel en tejidos blandos de las jaibas *Callinectes ornatus*, procedentes de las lagunas Bocaripo y Chacopata, en épocas de sequía e inicio de invierno, usando un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110 con llama de aire-acetileno y corrector de fondo de deuterio. Las concentraciones promedio de los metales no superaron los límites permitidos para consumo animal y humano. Las comparaciones entre lagunas mostraron diferencias significativas para cromo (P=7,97E<sup>-6</sup>), níquel (P=1,08E<sup>-7</sup>), zinc (P=2,91E<sup>-2</sup>) y plomo (P=2,96E<sup>-3</sup>), lo que indica diferentes condiciones hidro-geoquímicas que los afectan. Los contenidos de metales trazas determinados en *C. ornatus* procedentes de la laguna Chacopata mostraron correlaciones positivas significativas entre Mn-Zn (r=0,547), Mn-Fe (r=0,496), Cr-Zn (r=0,690), Ni-Zn (r=0,430) y Ni-Cr (r=0,516); mientras que para la laguna Bocaripo fueron Fe-Zn (r=0,473), Mn-Zn (r=0,801), Mn-Fe (r=0,600), Cd-Zn (r=0,569) y Cd-Mn (r=0,545). Por otra parte, las correlaciones entre las concentraciones de los metales trazas en restos de tejidos blandos de *C. ornatus* y las concentraciones biodisponibles que han sido referidas en sedimentos superficiales de los mismos lugares de procedencia de los organismos analizados mostraron para la laguna Chacopata coeficientes de correlación significativos que explicaron un modelo de correlación lineal para manganeso (r=0,533), zinc (r=0,568), níquel (r=0,696) y cromo (r=0,730); no obstante, para la laguna Bocaripo solamente la correlación lineal del hierro fue explicada por su coeficiente de correlación (r=0,561), sugiriendo que esos metales llegan desde el sedimento. *C. ornatus* ingiere sedimentos superficiales desde los cuales absorbe metales biodisponibles como manganeso, zinc, níquel, cromo (laguna Chacopata) y hierro (laguna Bocaripo); además, pueden acumular plomo, vía cadena trófica, y cadmio, desde la solución.

Palabras claves: sustancias tóxicas, biodisponibilidad, cangrejos.

**ABSTRACT:** The remnants of the processing of soft tissues of the crab *Callinectes ornatus*, a very abundant species within the Bocaripo and Chacopata lagoons, can be used to make non-traditional fishmeals. However, they can contain levels of trace metals that could render them non-nutritive or toxic for animal or human consumption. In this regard, this study purports to determine the variation of trace metals (mg Kg<sup>-1</sup> dry weight) in the soft tissues of the crab during the dry and initial rainy seasons. A Perkin Elmer 3110 atomic absorption spectrometer equipped with acetylene flame and deuterium background corrector was used for the measurements. The average concentrations of metals in the soft tissue of the crab did not surpass the allowable levels for human or animal consumption. Comparisons between the lagoons showed significant differences for chromium (P=7.97E<sup>-6</sup>), nickel (P=1.08E<sup>-7</sup>), zinc (P=2.91E<sup>-2</sup>), and lead (P=2.96E<sup>-3</sup>), which suggests that different hydro-geochemical conditions affect them. The trace metal contents in soft tissue of *C. ornatus* from Chacopata Lagoon showed significant positive correlations between Mn-Zn (r=0.547), Mn-Fe (r=0.496), Cr-Zn (r=0.690), Ni-Zn (r=0.430), and Ni-Cr (r=0.516); whereas those from Bocaripo Lagoon were Fe-Zn (r=0.473), Mn-Zn (r=0.801), Mn-Fe (r=0.600), Cd-Zn (r=0.569), and Cd-Mn (r=0.545). On the other hand, the correlations between trace metal concentration in soft tissue remnants of *C. ornatus* and the bio-available concentrations that have been reported in surface sediments from the same geographical areas were significant for Chacopata Lagoon, supporting a linear correlation model for manganese (r=0.533), zinc (r=0.568), nickel (r=0.696), and chromium (r=0.730). Only the linear correlation of iron was explained by its correlation coefficient (r=0.561) in Bocaripo, suggesting that this metal can be absorbed from the sediment. *C. ornatus* consumes surface sediments, from where it absorbs bio-available metals like manganese, zinc, nickel, chromium (Chacopata lagoon), and iron (Bocaripo lagoon). Furthermore, it can accumulate lead, through the trophic chain, and dissolved cadmium from the water.

Key words: trace metals, *Callinectes ornatus*, Bocaripo Lagoon, Chacopata Lagoon

Actualmente en la acuicultura animal existe un considerable interés en elaborar fórmulas nutritivas que permitan disminuir los costos de producción y que tengan un balance lípido-proteico adecuado a las necesidades alimenticias específicas en cada etapa del ciclo de vida, con la finalidad de obtener mayor rendimiento de producción y productos de mejor calidad microbiológica, textura, actividad proteolítica y composición proximal; lo que ha conllevado a elaborar dietas secas artificiales no convencionales y a una búsqueda de materia prima novedosa (MARTÍNEZ *et al.* 2002; ANDRADE 2002).

Muchos macroinvertebrados como las jaibas, *Callinectes sp.*, presentan característicamente una distribución amplia, ciclo de reproducción corto, elevada supervivencia y un agradable sabor dulzón que las hace muy apetecibles. No obstante, su utilización como materia prima requiere del conocimiento bromatológico y químico específico; ya que para la elaboración apropiada de una dieta artificial se debe conocer, entre otros aspectos, si existen factores antinutricionales que pueden modificar la calidad de las sustancias nutritivas y convertirlas en tóxicos potenciales, entre los cuales se encuentran los metales trazas (DORADO 1996).

En Venezuela ha sido poco controlada la contaminación ambiental, la cual depende de la cantidad y tipo de contaminantes, la rapidez de introducción de los mismos y la capacidad de auto depuración del medio (ODUM 1972). Generalmente, acciones antropogénicas relacionadas con la minería, los procesos industriales, el desarrollo urbanístico y los residuos domésticos han generado contaminación del medio ambiente al aumentar los niveles litogénicos (<0,01%) de metales trazas, cationes divalentes con peso molecular elevado (63,55-200,6), debido a que no pueden ser biodegradados (SADIQ 1992).

Se ha descrito que la biota acuática primaria, ubicada en la base de la pirámide alimenticia, puede incorporar directamente los metales disueltos y la biota ubicada superiormente en la cadena trófica puede, además, absorberlos indirectamente, vía alimento, y almacenarlos en proporciones diferentes en distintos compartimientos celulares de diferentes tejidos y con otras formas químicas. También los metales trazas pueden ser bio-magnificados, de acuerdo a un modelo que interrelaciona los niveles de exposición, la eficiencia de absorción, la compartimentación y la excreción. La cantidad de metales trazas que puede absorber la biota está limitada por las estrategias de

acumulación y regulación que realiza para mantener la homeostasis celular (RAINBOW 1993).

Los crustáceos utilizan estrategias detoxificantes acumulativas que inactivan fisiológicamente a los metales trazas no esenciales al inmovilizarlos en el caparazón y/o precipitarlos en forma de gránulos en tejidos internos (hepatopáncreas y branquias) y para los metales trazas esenciales, emplean la biosíntesis de metalotioninas diferentes que son específicas de los tejidos y dependientes de las fuentes de exposición (agua o alimento), lo que está relacionado con la capacidad específica de excretarlos y balancear su elevada incorporación (ENGEL & BROUWER 1987; SCHLENK & BROUWER 1991; BROUWER *et al.* 1993; BROUWER *et al.* 1995). Los decápodos *Callinectes sp.* han mostrado sensibilidad a diferentes concentraciones de contaminantes y los reservan de manera específica en los tejidos (HALE 1988; MARCUS & MATHEWS 1987). En este sentido, se ha aclarado que la acumulación de metales pesados varía entre las distintas especies de cangrejos de una misma zona y además, una misma especie puede reflejar las condiciones de varias áreas geográficas debido a las migraciones (SASTRE *et al.* 1999) que pueden realizar en búsqueda de alimento (LAUGHLIN 1982; STONER & BUCHANAN 1990) y/o de microhábitats convenientes para la muda (WOLCOTT & HINES 1990) o la reproducción (CARR *et al.* 2004).

En las zonas marino-costeras, muy sensibles a la contaminación, la transferencia de metales a la biota depende de la hidro-dinámica y condiciones tanto biológicas como geoquímicas, las cuales pueden influenciar el ciclo, flujo y tiempo de residencia de los metales en los sistemas marinos (AMBROSETTI *et al.* 2003). En estos ambientes, los sedimentos, restos de materia orgánica e inorgánica que se depositan sobre los continentes, actúan como sumideros de contaminantes y cuando las condiciones ambientales cambian naturalmente pueden actuar como fuente importante de metales trazas que pueden existir en forma biodisponible y representar un riesgo real de contaminación (IZQUIERDO *et al.* 1997; ANSARI *et al.* 2004).

Las lagunas Bocaripo y Chacopata se localizan (Fig. 1) entre las poblaciones de Guayacán y Chacopata, península de Araya, estado Sucre (10°39'N-63°48'W). Estas lagunas son humedales costeros muy sensitivos que funcionan como criaderos naturales de fases larvales y alevines de numerosas especies que son explotadas artesanalmente

para satisfacer las necesidades alimenticias de la población local (RAMÍREZ 1996). Aparte de la pesca artesanal que se realiza en la zona, pequeñas y medianas empresas extraen moluscos (pepitonas) con rastras artesanales, principalmente en el Morro de Chacopata, y los procesan para su comercialización. Tales empresas vierten al mar sus aguas servidas y desechan las conchas en zonas continentales aledañas. Sin embargo, a pesar de que se han establecido pequeñas y medianas industrias de conservas pesqueras a lo largo de la costa norte de la península de Araya son pocos los estudios realizados sobre la calidad ambiental (FUENTES 1998; 2001; CHARZEDDINE *et al.* 2002; De ASTUDILLO *et al.* 2002; PÉREZ *et al.* 2004; 2006a, b).

Las lagunas antes mencionadas se comunican con el mar Caribe a través de sus bocas y pueden llegar a interconectarse por una franja arenosa que las separa, cuando se llenan durante las mareas vivas (septiembre-octubre-noviembre); solo reciben aporte de agua dulce pluviométrico y están bordeadas por poblaciones de mangle, *Rizophora* sp. Particularmente, la laguna Bocaripo no ha sido descrita; sin embargo, la laguna Chacopata ha sido caracterizada por presentar la población de mangle con mayor densidad hacia las zonas oriental y occidental; con sedimentos areno-limosos y en la zona oriental asienta, más profusamente, praderas de fanerógamas (*Thalassia testudinum* y *Syrigodium filiforme*), abundantes macroalgas (*Cladophora* sp. y *Chaetomorpha* sp.) e infauna

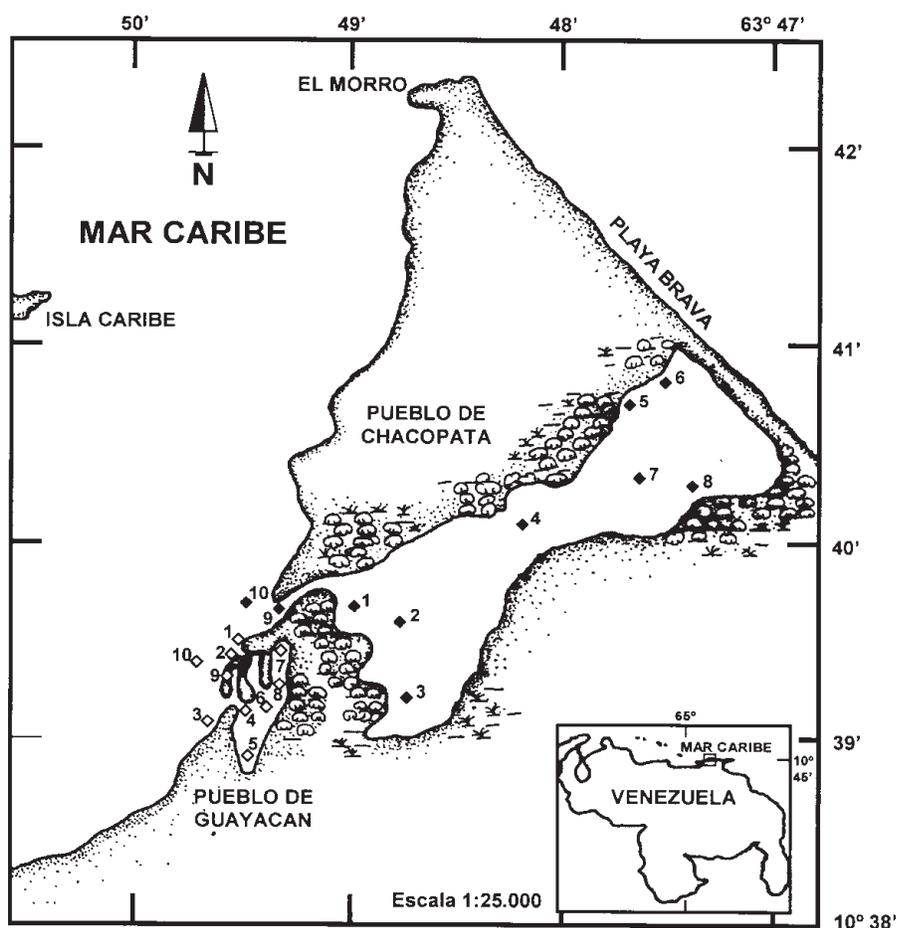


Fig. 1.- Situación geográfica relativa de las lagunas estudiadas. Estaciones de muestreo: Laguna Bocaripo. Laguna Chacopata.

que aportan una importante cantidad de materia orgánica (FUENTES 1998; 2001).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En las lagunas Bocaripo y Chacopata (Fig. 1) se recolectaron cangrejos en épocas de sequía (Enero 2004 y Marzo 2004) e inicio de lluvia (Julio 2004); para lo que se usaron diez (10) nasas cangrejeras, empleando como cebo sardinas frescas cortadas en pedazos. Las nasas cangrejeras se colocaron fijadas al fondo, en lugares con profundidades no mayores de 2 m., y se distribuyeron al azar abarcando el área total de cada laguna. Los organismos recolectados se colocaron en bolsas plásticas y se mantuvieron en cavas con hielo para ser trasladados al laboratorio.

Para no contaminar las muestras durante el corte de los tejidos y en el procesamiento analítico, se tomaron previsiones como el empleo de equipo de disección inoxidable y el lavado del material de vidrio y plástico con solución nitrosa (0,5 %) y agua desionizada (conductividad de 18 M $\Omega$ /cm), obtenida con un sistema NANOPURE UV, Marca Barnstead (USA). Las muestras frescas recolectadas se identificaron como *Callinectes ornatus* (FAO, 1978); se clasificaron por sexo e intermuda (MANTELATTO & FRANZOZO 1999); se colocaron en bolsas plásticas, debidamente rotuladas, y se refrigeraron hasta su procesamiento, cuando se realizaron los morfométricos, masa fresca y talla (longitud del caparazón y ancho del caparazón sin espinas) y se extrajeron restos de tejidos blandos.

En el laboratorio, los tejidos blandos frescos de *C. ornatus* se colocaron en fiolas de 250 ml pesadas en una balanza analítica (0,0001 de apreciación) para su secado a 60 °C, durante 72 horas o hasta alcanzar peso constante. Los contenidos totales de metales trazas en los tejidos secos, se extrajeron con una mezcla 3:1 de ácido nítrico y perclórico (grado analítico 65 %) sobre una plancha de calefacción y baño de arena (70 °C/2 h) y se filtraron con agua desionizada y papel filtro Watman 42, en balones aforados (25 ml) y se trasvasaron a viales plásticos que se guardaron a 4 °C. Posteriormente, en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110 con flujo de aire-acetileno y corrector de fondo de Deuterio, se realizaron las lecturas de los metales zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), cromo (Cr), cadmio (Cd), plomo (Pb) y níquel (Ni).

Se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y las características estadísticas descriptivas se visualizaron

gráficamente con el método de Box and Whisker (BOYER *et al.* 2000) y una matriz de correlación, empleándose para ello el paquete estadístico Statgraphics-Plus 4.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En restos de tejidos blandos secos de *Callinectes ornatus* se determinaron concentraciones totales de algunos metales trazas (Tablas 1 y 2). Dichos valores no exceden los niveles máximos recomendados, en mg\*Kg<sup>-1</sup> de masa fresca, de la Asociación Gubernamental Americana de Control de Alimentos, ni los exigidos por la Unión Europea, en alimentos para animales (Cd: 10; Cu y Pb: 40; Ni: 400; Cr, Mn y Zn: 1000) y (Pb: 5 y Cd: 0,5-1), respectivamente. Así mismo, dichos valores están dentro de los límites permitidos para el consumo humano de crustáceos según lo establecido en los Reglamentos 466/2001 y 221/2002 de la Comisión de Alimentos de la Unión Europea (plomo 0,5 y cadmio 0,5) (MÉNDEZ 2001; RUBIO *et al.* 2004).

Las concentraciones de metales trazas determinadas en tejidos blandos de *C. ornatus* de las lagunas Chacopata y Bocaripo mostraron diferencias significativas para cromo (P= 7,97 E<sup>-6</sup>), níquel (P= 1,08 E<sup>-7</sup>), zinc (P= 2,91 E<sup>-2</sup>) y plomo (P= 2,96 E<sup>-3</sup>), lo que sugiere diferencias en las condiciones hidro-geoquímicas de las lagunas estudiadas, esto debido a que, aun cuando puede existir variabilidad en las concentraciones de los metales en crustáceos procedentes de diferentes regiones, tales variaciones no son reveladas si los niveles de metales en agua y sedimentos son semejantes (SANDERS *et al.* 1999).

Las concentraciones de cromo determinadas en tejidos blandos de *C. ornatus* procedentes de la laguna Chacopata mostraron diferencias significativas entre meses, estaciones de muestreo y sexos, obteniéndose los máximos valores promedios en machos de la estación 1 durante el mes de marzo ( $\bar{X}$  E1 = 4,5  $\pm$  1,5 mg Kg<sup>-1</sup>ms); sin embargo, para la laguna Bocaripo tales diferencias se observaron solamente entre meses, con los mayores valores promedios también en el mes de marzo ( $\bar{X}$  = 3,36  $\pm$  1,3 mg Kg<sup>-1</sup>ms). Los valores máximos obtenidos durante este mes, que corresponde a la época de sequía, pueden ser producto de la resuspensión de partículas de sedimentos, afectada por los vientos Alisios que son más intensos desde febrero hasta mayo (CASTELLANOS *et al.* 2002).

El cromo puede existir naturalmente en muchos estados

Metales trazas en tejidos blandos de *Callinectes ornatus*

TABLA 1.- Orden decreciente de las concentraciones totales de metales trazas (promedio en mg Kg<sup>-1</sup>ms) en restos de tejidos blandos totales de *Callinectes ornatus*, por estaciones de muestreo en la laguna Chacopata.

ÉPOCA	MACHOS	HEMBRAS
ENERO 2004	ESTACIÓN 10: Fe (93,65) > Zn (82,02) > Cu (56,74) > Cd (16,33) > Mn (2,40) > Cr (0,46) > Ni (0,34) > Pb (0,05)	ESTACIÓN 10: Fe (196,33) > Zn (180,02) > Cu (67,97) > Cd (18,13) > Mn (7,57) > Ni (0,72) > Cr (0,64) > Pb (nd)
	ESTACIÓN 9: Fe (259,20) > Zn (93,90) > Cu (55,82) > Cd (13,73) > Mn (4,55) > Ni (2,16) > Cr (0,32) > Pb (0,69)	
MARZO 2004	ESTACIÓN 10: Fe (139,28) > Zn (86,51) > Cu (61,21) > Cd (11,58) > Mn (3,35) > Ni (1,11) > Pb (0,74) > Cr (0,64)	
	ESTACIÓN 9: Fe (226,60) > Zn (133,49) > Cu (81,54) > Cd (10,35) > Mn (3,80) > Pb (1,57) > Ni (1,09) > Cr (0,22)	ESTACIÓN 9: Zn (315,82) > Fe (247,78) > Cu (79,33) > Mn (6,08) > Cd (3,74) > Ni (2,66) > Cr (2,16) > Pb (0,60)
	ESTACIÓN 5: Fe (276,11) > Zn (109,05) > Cu (31,46) > Cd (18,94) > Mn (6,78) > Ni (3,23) > Cr (3,21) > Pb (0,79)	
	ESTACIÓN 3: Fe (190,74) > Zn (86,56) > Cu (63,61) > Cd (9,09) > Mn (3,69) > Ni (1,91) > Cr (0,57) > Pb (0,17)	
	ESTACIÓN 1: Fe (312,16) > Zn (100,89) > Cu (70,53) > Cd (14,20) > Mn (5,51) > Cr (4,50) > Ni (1,78) > Pb (0,04)	
JULIO 2004	ESTACIÓN 10: Fe (103,39) > Zn (47,50) > Cu (23,75) > Cd (3,64) > Mn (2,67) > Pb (0,29) > Ni (0,05) = Cr (0,05)	ESTACIÓN 10: Fe (169,44) > Zn (147,23) > Cu (70,97) > Mn (8,78) > Cd (2,42) > Pb (1,13) > Cr (0,16) > Ni (nd)
	ESTACIÓN 9: Fe (154,66) > Zn (56,46) > Cu (33,49) > Mn (3,20) > Cd (1,43) > Pb (0,96) > Cr (0,12) > Ni (0,04)	ESTACIÓN 9: Fe (238,64) > Zn (99,77) > Cu (38,53) > Mn (5,26) > Cd (1,61) > Pb (0,95) > Cr (nd) = Ni (nd)
	ESTACIÓN 4: Cu (1,39) > Cd (0,88) > Fe (0,71) > Zn (0,39) > Ni (0,26) > Mn (0,24) > Pb (0,06) > Cr (0,01)	
	ESTACIÓN 1: Fe (158,42) > Zn (40,24) > Cu (36,22) > Cd (2,90) > Mn (2,39) > Pb (0,92) > Cr (0,32) > Ni (0,09)	ESTACIÓN 1: Fe (248,86) > Zn (101,66) > Cu (43,87) > Mn (6,10) > Cd (1,71) > Cr (0,36) > Pb (0,81) > Ni (nd)

En cada época de muestreo solo se obtuvieron muestras en las estaciones señaladas. nd: no detectado.

de oxidación; no obstante, los contenidos pueden ser aumentados por aguas de efluentes industriales que usan sustancias químicas como las que realizan el acabado de metales y productos agrícolas (fungicidas y abonos); además, puede ser muy importante el aporte por la corrosión de tuberías que son recubiertas por componentes cromados para evitar la oxidación. Este elemento, esencial para muchos mamíferos, es tóxico para la biota marina, y su toxicidad depende de la capacidad de absorción de sus formas químicas de las cuales se considera que la forma Cr (IV) puede ser más acumulada, principalmente en branquias, hígado y riñón (SADIQ 1992).

Las concentraciones de níquel determinadas en tejidos blandos de *C. ornatus* procedentes de las lagunas estudiadas también mostraron diferencias estadísticas significativas entre meses y estaciones de muestreo con valores promedios mayores para la laguna Bocaripo en el mes de Julio, época de inicio de lluvia ( $\bar{X}$  E2= 16,44 ± 5,5;  $\bar{X}$  E1= 14,94 ± 5,1;  $\bar{X}$  E9= 12,33 ± 6,9 mg Kg<sup>-1</sup>ms); sin embargo, para la laguna Chacopata los valores promedio mayores se observaron en el mes de marzo ( $\bar{X}$  E5= 3,23 ± 0,2 mg Kg<sup>-1</sup>ms). Las estaciones 1 y 2 están ubicadas en el

Tabla 2.- Orden decreciente de las concentraciones totales de metales trazas (promedio en mg Kg<sup>-1</sup>ms) en restos de tejidos blandos totales de *Callinectes ornatus*, por estaciones de muestreo en la laguna Bocaripo.

ÉPOCA	MACHOS	HEMBRAS
ENERO 2004	ESTACIÓN 10: Fe (33,93) > Zn (21,85) > Cu (14,38) > Cd (3,99) > Mn (0,61) > Cr (0,11) > Ni (0,10) > Pb (0,04)	ESTACIÓN 10: Fe (210,93) > Zn (187,71) > Cu (94,45) > Cd (14,89) > Mn (5,28) > Pb (1,33) > Ni (0,83) > Cr (0,51)
	ESTACIÓN 4: Fe (54,24) > Zn (41,75) > Cu (37,73) > Cd (7,99) > Mn (1,36) > Ni (0,65) > Pb (0,41) > Cr (0,27)	
	ESTACIÓN 3: Fe (66,53) > Zn (52,45) > Cu (48,04) > Cd (9,74) > Mn (2,08) > Ni (0,63) > Cr (0,15) > Pb (nd)	
	ESTACIÓN 2: Fe (210,81) > Zn (130,74) > Cu (43,86) > Cd (9,98) > Mn (3,00) > Ni (1,48) > Cr (0,41) > Pb (0,12)	ESTACIÓN 2: Fe (291,72) > Zn (184,53) > Cu (82,83) > Cd (12,68) > Mn (6,98) > Ni (2,56) > Pb (0,59) > Cr (0,23)
	ESTACIÓN 1: Fe (115,10) > Zn (62,09) > Cu (52,41) > Cd (4,57) > Mn (2,37) > Ni (2,34) > Cr (0,22) > Pb (0,004)	
MARZO 2004	ESTACIÓN 10: Fe (155,38) > Cu (100,52) > Zn (95,44) > Cd (11,07) > Mn (4,28) > Cr (0,42) > Ni (10,29) > Pb (0,06)	ESTACIÓN 10: Fe (278,00) > Zn (145,89) > Cu (81,11) > Cd (13,70) > Mn (5,00) > Cr (1,11) > Ni (0,789) > Pb (0,77)
	ESTACIÓN 9: Fe (132,09) > Cu (107,37) > Zn (98,29) > Cd (11,26) > Mn (3,95) > Cr (0,34) > Ni (0,23) > Pb (nd)	ESTACIÓN 9: Fe (263,61) > Zn (121,94) > Cu (60,70) > Mn (3,46) > Cr (3,36) > Cd (2,26) > Pb (0,18) > Ni (0,13)
	ESTACIÓN 2: Fe (189,38) > Zn (109,53) > Cu (100,41) > Cd (14,31) > Mn (3,16) > Ni (0,67) > Cr (0,39) > Pb (0,25)	
	ESTACIÓN 1: Cu (166,55) > Fe (151,22) > Zn (108,45) > Cd (10,46) > Mn (3,28) > Ni (2,32) > Cr (0,28) > Pb (nd)	

Metales trazas en tejidos blandos de *Callinectes ornatus*

Continuación de la Tabla 2.

	ESTACIÓN 10: Fe (131,55) > Zn (125,27) > Cu (31,57) > Ni (6,70) > Cd (4,84) > Mn (3,83) > Pb (0,99) > Cr (nd)	ESTACIÓN 10: Fe (266,19) > Zn (159,30) > Cu (37,36) > Ni (8,01) > Mn (7,01) > Cd (5,72) > Pb (2,02) > Cr (nd)
	ESTACIÓN 9: Fe (98,48) > Zn (87,73) > Cu (44,91) > Ni (12,33) > Mn (4,13) > Cd (4,03) > Pb (0,80) > Cr (nd)	ESTACIÓN 9: Fe (107,85) > Zn (81,97) > Cu (20,30) > Ni (7,89) > Mn (1,52) > Cd (1,43) > Pb (1,73) > Cr (nd)
JULIO 2004	ESTACIÓN 3: Fe (130,90) > Zn (91,02) > Cu (31,51) > Ni (4,44) > Cd (4,07) > Mn (3,64) > Pb (0,80) > Cr (nd)	
	ESTACIÓN 2: Fe (421,06) > Zn (118,93) > Cu (30,21) > Ni (16,44) > Mn (5,17) > Cd (1,76) > Pb (1,79) > Cr (nd)	
	ESTACIÓN 1: Fe (642,98) > Zn (113,76) > Cu (36,39) > Ni (14,94) > Mn (4,89) > Cd (2,20) > Pb (1,09) > Cr (nd)	

En cada época de muestreo solo se obtuvieron muestras en las estaciones señaladas. nd: no detectado.

litoral externo occidental de la laguna Bocaripo (Fig. 1), lo que sugiere que el níquel es introducido desde áreas adyacentes a la misma y por escorrentías en el período lluvioso. El níquel es un metal que se encuentra naturalmente en forma de óxidos, carbonatos y silicatos de hierro y manganeso; además, puede formar sulfuros de arsénico y telurio; no obstante, puede ser introducido en los mares y océanos por las descargas fluviales y aguas de escorrentía, ya que es muy utilizado por el hombre para la producción de baterías y fertilizantes fosfatados (FERGUNSSON 1990; GONZÁLEZ *et al.* 1997).

Las concentraciones de plomo determinadas en tejidos blandos de *C. ornatus* procedentes de la laguna Bocaripo mostraron diferencias estadísticas típicas entre meses y sexos observándose las concentraciones promedio de plomo más elevadas en el mes de julio ( $\bar{X}$  E10 hembras= 2,02 ± 1,1;  $\bar{X}$  E2 machos= 1,74 ± 0,4;  $\bar{X}$  E9 hembras= 1,73 ± 0,5 y  $\bar{X}$  E1 machos= 1,09 ± 0,5 mg Kg<sup>-1</sup>ms). En los organismos procedentes de la laguna Chacopata también se encontraron diferencias significativas entre sexos con los contenidos mayores igualmente en el mes de julio ( $\bar{X}$  E10 hembra= 1,13 ± 0,6 mg Kg<sup>-1</sup>ms).

Las mayores concentraciones promedio de plomo registradas en la época lluviosa, sugieren que la principal vía de entrada del plomo a *C. ornatus* es el alimento, al considerar que estos cangrejos han sido caracterizados por tener un espectro trófico diversificado con una estrategia dietética generalizada que comprende algas, macrófitas, foraminíferos, moluscos, poliquetos, crustáceos, echinodermos y materia orgánica no identificada (LAUGHLIN 1982; BRANCO *et al.* 2002). Además, se ha informado que en aguas salinas el plomo en época de invierno se encuentra en el material suspendido en concentraciones elevadas y con mejor bio-disponibilidad para los organismos filtradores que pueden formar parte de la dieta de *C. ornatus*. (ODZAK 2002).

Aún cuando entre las lagunas estudiadas no se observaron diferencias estadísticas importantes para las concentraciones de cadmio determinadas en los tejidos blandos de *C. ornatus*, concretamente para la laguna Chacopata hubo diferencias significativas entre meses, estaciones de muestreo y sexos, observándose concentraciones más elevadas de cadmio en los meses enero ( $\bar{X}$  E10 hembras= 18,13 ± 5,2 mg Kg<sup>-1</sup>ms) y marzo

( $\bar{X}$  E5 machos= 18,94  $\pm$  9,5 mg Kg<sup>-1</sup>ms); no obstante, para la laguna Bocaripo se observaron diferencias estadísticas significativas solamente entre meses y estaciones de muestreo, con concentraciones mayores igualmente en enero ( $\bar{X}$  E10= 14,89  $\pm$  6,9 mg Kg<sup>-1</sup>ms) y marzo ( $\bar{X}$  E2= 14,31  $\pm$  7,9 mg Kg<sup>-1</sup>ms).

Se ha informado que en aguas salinas, el cadmio puede encontrarse disuelto en cantidades más elevadas en época de sequía (ODZAK 2002) y observándose que los mayores contenidos promedios de cadmio en los tejidos blandos de *C. ornatus* se detectaron en enero, época de sequía, se presume que la vía de entrada del cadmio es el agua, principalmente. También, es importante considerar que este metal mostró diferencias significativas entre sexos para *C. ornatus* de la laguna Chacopata, las cuales pueden ser debidas al estado fisiológico. Se ha demostrado que cangrejos con buena condición fisiológica (*Carcinus maenas*) acumulan cadmio en niveles más elevados en el hepatopáncreas que en otros tejidos (BJERREGAARD 1991).

La variación del contenido de cadmio en cangrejos braquiuros puede ser debida a que su absorción es influenciada por factores ambientales como la temperatura y las concentraciones de calcio que afectan tanto la dureza como la salinidad del agua y se ha establecido que la absorción de metales como el cadmio biodisponible en el agua puede ser dominada en algunos crustáceos, ya que consiguen disminuir la permeabilidad aparente del agua en la membrana branquial, y ello puede ser una respuesta fisiológica o un efecto tóxico directo (RASMUSSEN *et al.* 1995); así mismo, se ha informado que los organismos que viven en la interfase agua-sedimento, absorben la mayor parte del cadmio directamente desde la columna de agua (HARE *et al.* 2001).

SANDERS *et al.* (1999) refirieron que niveles de cadmio entre 2-5 mg/g de masa seca en el cangrejo Potamonauts warreni pueden ser considerados como basales, ya que los registros en agua están dentro de rangos referidos como no contaminantes. Similarmente, las concentraciones promedio de los metales determinados en este estudio pueden ser establecidos como basales, si se tienen en cuenta los contenidos biodisponibles en sedimentos superficiales de las lagunas Bocaripo y Chacopata, los cuales fueron determinados por debajo de los límites máximos referidos como contaminantes (PÉREZ *et al.* 2006a);

además, para la época de inicio de lluvia, se evidenciaron concentraciones totales de metales trazas en branquias de una submuestra de *C. ornatus* procedentes de la laguna Chacopata, como una medida indirecta de la calidad de la columna de agua, las cuales también se registraron por debajo de los límites referidos como contaminantes (PÉREZ *et al.* 2006b).

Las concentraciones de zinc determinadas en tejidos blandos de *C. ornatus* procedentes de la laguna Chacopata se encontraron en promedios más elevados ( $\bar{X}$  = 315,82  $\pm$  42,0 mg Kg<sup>-1</sup>ms) en el mes de marzo, pero no mostraron diferencias estadísticas significativas entre meses, estaciones de muestreo y sexos. En los tejidos blandos de estos cangrejos procedentes la laguna Bocaripo se evidenciaron diferencias significativas entre sexos y estaciones de muestreo, con un mayor promedio en hembras ( $\bar{X}$  E10= 187,71  $\pm$  47,0;  $\bar{X}$  E2= 184,53  $\pm$  23,1 mg Kg<sup>-1</sup>ms) capturadas en el mes de enero.

El zinc es un metal esencial que actúa como cofactor de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo energético, la transcripción y la traducción de la información genética y se puede encontrar unido a metalotioninas que se saturan con zinc, así como también a la hemocianina (pigmento respiratorio de los crustáceos) y a la arginina kinasas, inhibiendo su función catalizadora en la formación de arginina fosfato, reservorio de energía disponible rápidamente para la contracción muscular (VÁZQUEZ 2005). En este sentido, las diferencias encontradas entre estaciones de muestreo y sexo para las concentraciones de zinc determinadas en tejidos blandos de *C. ornatus* de la laguna Bocaripo podrían ser explicadas por la actividad reproductiva, ya que, se conoce que *C. ornatus* presenta un ciclo reproductivo continuo con desoves marcados, posiblemente, con más de un período anual (MANTELATTO & FRANZOZO, 1999), migrando para el momento del desove en búsqueda de micro hábitats que tengan las condiciones de salinidad y protección, adecuadas para la supervivencia de las larvas megalopas (CARR 2004), lo que conllevaría a la utilización de las reservas energéticas.

Para los contenidos de cobre en las muestras de tejidos blandos de *C. ornatus* de la laguna Bocaripo se constataron diferencias significativas entre los meses estudiados, observándose concentraciones mayores en

el mes de marzo ( $\bar{X} = 166,55 \pm 85,5 \text{ mg Kg}^{-1}\text{ms}$ ), época en la cual los sedimentos padecen resuspensión provocada por la surgencia, influenciada por los vientos Alisios. El material resuspendido puede contener cantidades elevadas de compuestos orgánicos con los que el cobre forma complejos fuertes y se le ha atribuido una conducta geoquímica tipo nutriente (SADIQ 1992).

El cobre es un metal esencial que se encuentra abundante en la naturaleza en forma de compuestos minerales y se integra al suelo por procesos de meteorización de las rocas, formando sales de sulfuro, cloruros y carbonatos en cantidades suficientes para mantener el crecimiento de los organismos donde puede encontrarse unido, principalmente, a enzimas catalíticas y transportadoras de electrones como la citocromo oxidasa o complejo IV (contiene dos iones cobre que son de gran importancia para la transferencia de electrones al  $\text{O}_2$  en la cadena respiratoria mitocondrial) y la plastocianina (proteína móvil de la luz del tilacoide que pasa los electrones a los centros de reacción P700 durante las reacciones luminosas fotosintéticas). Por otra parte, se ha informado que las concentraciones de cobre y zinc son más elevadas durante la intermuda (ENGEL & BROUWER, 1987) y, además, se ha aclarado que en los tejidos la separación citosólica de cobre y zinc son consistentes con los cambios fisiológicos del proceso normal de crecimiento que sucede durante la muda y con los cambios relacionados a las estaciones del año (SCHLENK & BROUWER 1991; BROUWER *et al.* 1995).

El comportamiento geoquímico de los metales puede analizarse interpretando la matriz de correlación, ya que puede reflejar dependencias similares en relación a factores tales como el pH, el potencial redox o la similitud de complejación con el material particulado, orgánico o inorgánico. Las correlaciones positivas entre los metales sugieren alguna interacción química y probablemente un mismo origen (WINDOM *et al.* 1989); además, cada una de las variables individuales interrelacionadas aporta una carga a un factor o componente principal, que reduce la información disponible. Consecuentemente, las variables que aportan más peso a un factor particular se usan para calcular el coeficiente de correlación, el cual explora y cuantifica la relación entre una variable dependiente y una o varias variables independientes (Ruíz 1994).

Entre los contenidos de metales trazas determinados en tejidos blandos de *C. ornatus* procedente de la laguna Chacopata se establecieron correlaciones positivas

significativas entre los metales Cr-Zn ( $r=0,690$ ), Mn-Zn ( $r=0,547$ ), Ni-Cr ( $r=0,516$ ), Mn-Fe ( $r=0,496$ ) y Ni-Zn ( $r=0,430$ ), aunque no es muy fuerte; mientras que para los organismos de la laguna Bocaripo las correlaciones positivas se observaron para Mn-Zn ( $r=0,801$ ), Mn-Fe ( $r=0,600$ ), Cd-Zn ( $r=0,569$ ), Cd-Mn ( $r=0,545$ ) y Fe-Zn ( $r=0,473$ ).

Por otra parte, las correlaciones determinadas entre las concentraciones de los metales trazas determinados en tejidos blandos de *C. ornatus* y las concentraciones biodisponibles que han sido referidas en sedimentos superficiales de los mismos lugares de procedencia de los organismos analizados (PÉREZ *et al.* 2006<sub>a</sub>) mostraron para la laguna Chacopata un modelo de correlación lineal con coeficientes significativos para manganeso ( $r=0,533$ ), zinc ( $r=0,568$ ), níquel ( $r=0,696$ ) y cromo ( $r=0,730$ ); no obstante, para la laguna Bocaripo solamente la correlación lineal del hierro fue explicada significativamente por su coeficiente de correlación ( $r=0,561$ ). Estos análisis sugieren que dichos metales, con correlaciones lineales positivas y significativas, llegan desde el sedimento que prevalece acumulado en las branquias o es ingerido con el alimento.

En las correlaciones observadas se destacan las del manganeso y el hierro, elementos esenciales para el desarrollo y mantenimiento de la vida, los cuales se pueden presentar en los sedimentos como oxihidroxidos de hierro y manganeso que tienen un área superficial extensa y reactiva, debido a los grupos funcionales presentes en su superficie que les permiten adsorber iones y moléculas tales como fosfato, otros metales pesados y ácidos orgánicos.

Cabe enfatizar que la acumulación de metales por especies que se alimentan de detritus y son geoquímicamente dependientes ocurre por vías como son la absorción desde el agua y la ingestión de sedimentos. Se conoce que a valores bajos de pH, particularmente, las branquias tienden a acumular las partículas que se encuentran suspendidas en la columna de agua, las cuales son un medio no disuelto que transporta metales trazas con los que tienen gran reactividad (WEILENMANN *et al.* 1989; GUSTAFSSON & GSCHWEND 1997); no obstante, en el microambiente respiratorio la absorción de los metales trazas puede ser limitada, teóricamente, por el suministro difusivo o adventivo del metal (CAMPBELL 2002). Por otra parte, los detritus contenidos en los sedimentos pueden ser ingeridos con el alimento y los metales asociados débilmente con los componentes de los sedimentos pueden ser absorbidos a nivel intestinal, lo que es dependiente de la capacidad metabólica de cada individuo (LUOMA 1989; 2002).

## CONCLUSIONES

1.- Las concentraciones totales promedios de los metales trazas zinc, hierro, manganeso, cobre, cromo, cadmio, plomo y níquel determinadas en restos de tejidos blandos de *Callinectes ornatus*, machos y hembras en intermuda, procedentes de las lagunas Chacopata y Bocaripo en períodos de sequía (Enero 2004 y Marzo 2004) e inicio de lluvia (Julio 2004) se mostraron en concentraciones basales que no superaron los límites establecidos para consumo animal y humano.

2.- Los contenidos totales de cromo, níquel, zinc y plomo, en restos de tejidos blandos de *C. ornatus* son influenciados por la hidrodinámica y geoquímica propias de las lagunas Bocaripo y Chacopata.

3.- *C. ornatus* ingiere sedimentos superficiales desde los cuales absorbe metales biodisponibles como manganeso, zinc, níquel, cromo (laguna Chacopata) y hierro (laguna Bocaripo).

4.- *C. ornatus* procedente de las lagunas Bocaripo y Chacopata acumula en tejidos blandos los metales no esenciales plomo, vía cadena trófica, y cadmio, desde la solución.

## REFERENCIAS

- AMBROSETTI, W., J. BARBANTI, & N. SALA. 2003. Residence time and physical processes in lakes. *J. Limnol.* 62(1):1-15.
- ANDRADE, J. E. 2002. *Temporal and spatial distribution of Pontodrilus litoralis (Annelida, Oligochaeta) y Tylos wegeneri (Crustacea, Isopoda) in intertidal ecosystems of north-eastern Venezuela, and their use as food sources for penaeid shrimp aquaculture.* Thesis PhD. Univ. Montreal, Canada. 197 pp.
- ANSARI, T. M., I. L. MARR & N. TARIQ. 2004. Heavy metals in marine pollution perspective-a mini review. *J. Appl. Sci.* 4(1):1-20.
- BAT, L., A. GKNDODU, M. SEZGIN, M. ÇULHA, G. GMNLKGKR & M. AKBULUT. 1999. Acute toxicity of zinc, copper and lead to three species of marine organisms from the Sinop peninsula, Black Sea. *Tr. J. Biol.* 23:537-544.
- BJERREGAARD, P. 1991. Relationship between physiological condition and cadmium accumulation in *Carcinus maenas* (L.). *J. Comp. Biochem. Physiol.* 99A(1-2):75-83.
- BOYER, J. N., P. STERLING & R. JONES. 2000. Maximizing information from a water quality monitoring network through visualization techniques. *Est. Coast. Shelf Sci.* 50:39-48.
- BRANCO, J. O., M. J. LUNARDON, J. R. VERANI, R. SCHWEITZER, F. X. SOUTO & W. G. VALE. 2002. Natural diet of *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Portunidae) in the Itapocoroy Inlet, SC, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba* 45(1):35-40.
- BROUWER, M., T. BROUWER & R. CASHION. 1993. *Crustaceans as models for metal metabolism: Interaction of lobster and mammalian metallothioneins with glutathione.* IN: *Responses of Marine Organism to Pollutants. Part 2.* Stegeman, J. J.; Moore, M. N. & Hahn, M. E. (Ed.). Barking, United Kingdom 35(1-2):13-17.
- \_\_\_\_\_; J. ENGHILD, T. HOEXUM-BROUWER, I. THOGERSEN & A. TRUNCALI. 1995. Primary structure and tissue-specific expression of blue crab (*Callinectes sapidus*) metallothionein isoforms. *Biochem J.* 311 (Pt 2):617-622.
- CAMPBELL, P. G. C. 2002. Predicting metal bioavailability – applicability of the biotic ligand model. *Proc. CIESM. Metal and Radionuclides Bioaccumulation in Marine Organism.* CIESM Workshop Monographs N° 19. 25-28. [http://www.ciesm.org/publications/ancona\(\)02.pdf](http://www.ciesm.org/publications/ancona()02.pdf). (Revisado Julio 2005).
- CARR, S. D., R. A. TANKERSLEY, L. DENCH, R.B. FORWARD JR. & R. A. LUETTICH JR. 2004. Movement patterns and trajectories of ovigerous blue crabs *Callinectes sapidus* during the spawning migration. *Est. Cost. Shelf Sci.* 60:567-579.
- CASTELLANOS, P., R. VARELA & F. MÜLLER. 2002. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el sensor infrarrojo AVHRR. *Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat.* 154:55-76.
- CHARZEDDINE, L., J. ANDRADE, C. MARTINS, S. CHARZEDDINE & M. PÉREZ. 2002. Variación de metales pesados en *Americanuphis magna* (Annelida: Polichaeta) y en sedimentos de la región nororiental de Venezuela.

- Saber Univ. Oriente* 14 (2):119-125.
- CHE, Y., Q. HE & W. LIN. 2003. The distributions of particulate heavy metals and its indication to the transfer of sediments in the Changjiang estuary and Hangzhou bay, China. *Mar. Pollut. Bull.* 46:123-131.
- DE ASTUDILLO R., L., I. CHENG, J. AGARD, I. BEKELE & R. HUBBARD. 2002. Heavy metals in green mussel (*Perna viridis*) and oyster (*Crassostrea* sp.) from Trinidad y Venezuela. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 42:410-415.
- DORADO L., M. 1996. *Formulación de dietas*. Cap. VI. 237-272 pp. En: *Fundamentos de Nutrición*. Eds. Soler J., M.P.; Rodríguez G., H. y Daza, P. V., 342 pp. Sta. Fe, Bogotá, Colombia
- ENGEL, D. W. & M. BROUWER. 1987. Metal regulation and moulting in the blue crab, *Callinectes sapidus*: metallothionein function in metal metabolism. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole* 173(1):239-251.
- FOOD ADMINISTRATION ORGANIZATION (FAO). 1978. *Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31)*. Edit. W. Fischer. Marine Resources Service Fishery Resources and Environment Division FAO Fisheries Department. VI.
- FARAG, A. M., D. F. WOODWARD, W. BRUMBAUGH, J. N. GOLDSTEIN, E. MCCONNELL, C. HOGSTRAND & F. T. BARROWS. 1999. Dietary effects of metals-contaminated invertebrates from the Coeur d'Alene river, Idaho, on cutthroat Trout. *Tran. Amer. Fish. Soc.* 128:578-592.
- FERGUNSSON, J. E. 1990. *The Heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*. Ist. Pergamon Press, Oxford, U.K. 614 pp.
- FUENTES, M. V. 1998. *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, Edo. Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 113 pp.
- \_\_\_\_\_. 2001. Estudio geoquímico de carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasa en la laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*. 40(1&2):31-37.
- GONZÁLEZ, H., M. RAMÍREZ & I. TORRES. 1997. Impact of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in sediments of Levisa, Cabónico and Nipe bays, Cuba. *Environm. Geochem. & Health* 19:57-62.
- GUSTAFSSON, O. & P. M. GSCHWEND. 1997. Aquatic colloids: concepts, definitions, and current challenges. *Limnol. Oceanogr.* 42(3):519-528.
- HALE, R. C. 1988. Disposition of polycyclic aromatic compounds in blue crabs, *Callinectes sapidus*, from the Southern Chesapeake Bay. *Estuaries* 11(4):255-263.
- HARE, L., A. TESSIER, L. WARREN. 2001. Cadmium accumulation by invertebrates living at the sediment-water interface. *Environ. Toxicol. Chem.* (4):880-889.
- IZQUIERDO, C., J. USERO & I. GRACIA. 1997. Speciation of metals in sediments from salt marshes on the Southern Atlantic coast of Spain. *Mar. Poll. Bull.* 34(2):123-128.
- KRISHNA, P. & E. MORALES. 1987. Seasonal variation of iron, copper and zinc in *Penaeus brasiliensis* from to areas of the Caribbean sea. *Sci. Total Environm.* 65:175-180.
- LAUGHLIN, R. A. 1982. Feeding habits of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Apalachicola estuary, Florida. *Bull Mar. Sci.* 32:807-822.
- LUOMA, S. N. 1989. Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements? *Hidrobiología* 176-177: 379-396.
- \_\_\_\_\_. 2002. Metal and radionuclides bioacumulation in marine organism. Metal and radionuclides bioacumulation in marine organism. *Proc. CIESM. Workshop Monographs* N° 19. pp 37-41. [www.ciesm.org/publications/ancona\(\)02.pdf](http://www.ciesm.org/publications/ancona()02.pdf). (revisada Julio 2005).
- MANTELATTO F. L. Y A. FRANSOZO. 1999. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from the Ubataba region, Sao Paulo, Brazil. *Crustaceana* 72(1):65-76.

- MARCUS, J. & T. MATHEWS. 1987. Polychlorinated biphenyls in blue crabs from South Carolina. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39:857-862.
- MARTÍNEZ, C., M. EZQUERRA, L. BRINGAS, E. AGUIRRE & M. GARZA. 2002. Optimización de alimentos y prácticas de alimentación en el cultivo de camarón en el noroeste de México. 3-6 pp. *En: Avances en Nutrición Acuícola VI*. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cruz Suárez, L. E.; Ricque Marie, D.; Tapia Salazar, M. Gaxiola Cortés; M. G., Simoes, N. (Eds).
- MÉNDEZ B. J. 2001. *Metales pesados en la alimentación animal*. Curso de especialización FEDNA. [www.producción-animal.com.ar](http://www.producción-animal.com.ar). (Revisada octubre 2007).
- ODUM, E. 1972. *Ecología*. 3ª edic. Nueva Editorial Interamericana, 639 pp.
- ODZAK, N. 2002. Trace metal bioavailability in saline waters field experiments. Metal and radionuclides bioaccumulation in marine organism. *Proc. CIESM. Workshop Monographs* N° 19. pp 37-41. [www.ciesm.org/publications/ancona \(\)02.pdf](http://www.ciesm.org/publications/ancona ()02.pdf). (revisada julio 2005).
- PÉREZ L., M., J. ANDRADE & G. MARTÍNEZ. 2004. Nota Breve: Metales pesados en *Callinectes* sp. del ecosistema lagunar costero "Bocaripo-Chacopata", península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Saber univ. Oriente* 16(2):162-165.
- \_\_\_\_\_, G. MARTÍNEZ & I. FERMÍN. 2006a. Metales traza biodisponibles en sedimentos superficiales de las lagunas Bocaripo y Chacopata, península de Araya, estado Sucre. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 45(2):61-91.
- \_\_\_\_\_, G. MARTÍNEZ & I. FERMÍN. 2006b. Metales trazas en Branquias de *Callinectes ornatus*, procedente de la Laguna Chacopata, Península de Araya. *I Jornadas de Ecotoxicología. Libro de resúmenes*, pp. 31.
- RAINBOW, P. 1993. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. *IN: Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Dillinger's (Eds). R. Rainbow, P.S. Lewis. 3-23.
- RAMIREZ V., P. 1996. *Lagunas costeras venezolanas*. Universidad de Oriente, La Asunción, Nva. Esparta. Edit. BEMA, 275 pp.
- RASMUSSEN, A. D., A. KRAG, P. BJERREGAARD, J. WEEKS & M. DEPLEGGE. 1995. The effects of trace metals on the apparent water permeability of the shore crab *Carcinus maenas* (L.) and the brown shrimp *Crangon crangon* (L.). *Mar. Poll. Bull.* 31(1-3):60-62.
- RUBIO, C. A., J. GUTIÉRREZ, R. E. MARTÍN, C. REVERT, G. LOZANO & A. HARDINSSON. 2004. El plomo como contaminante alimentario. *Rev. Toxicol.* 21:72-80.
- RUIZ, M. R. 1994. Contaminación en sedimentos marinos. *Rev. Obras Públicas*. 141:(3329):21-30.
- SADIQ, M. 1992. *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 390.
- SANDERS, M.; H. DU PREEZ & J. VAN. 1999. Monitoring cadmium and zinc contamination in freshwater systems with the use of the freshwater river crab, *Potamonautes warreni*. *Water S. A.* 25(1):91-98.
- SASTRE, M. P., P. REYES, H. RAMOS, R. ROMERO & J. RIVERA. 1999. Heavy metals bioaccumulation in Puerto Rican blue crabs (*Callinectes* spp.). *Bull. Mar. Sci.* 64(2):209-217.
- SCHLENK, D. & M. BROUWER. 1991. Isolation of three copper metallothionein from the blue crab (*Callinectes sapidus*). *Aquat. Toxicol.* 20 (1-2):25-34.
- STONER, A. W. & A. BUCHANAN. 1990. Ontogeny and overlap in the diets of four tropical *Callinectes* species. *Bull. Mar. Sci.* 46 (1):3-12.
- TAGATZ, M. E. 1968. Biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun) in the St. John's river, Florida. *Fish. Bull.* 67 (1):17-33.
- TESSIER, A., P. CAMPBELL & M. BISSON. 1979. Sequential Extraction procedure for the speciation of trace

Metales trazas en tejidos blandos de *Callinectes ornatus*

- metals. *Anal. Chem.* 51:844-851.
- VÁZQUEZ, F. J. 2005. Toxicidad comparada de zinc, plomo y mercurio para zoea I de *Chasmagnathus granulatus* (Brachiura). Las tesinas de Belgrano N° 110. 29 pp. [http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/110\\_vazquez.pdf](http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/110_vazquez.pdf) (revisada Julio 2005).
- WEILENMANN, U., C. R. O'MELIA & W. STUMM. 1989. Particle transport in lakes: Models and measurements. *Limnol. Oceanogr.* 34:1-18.
- WINDOM, H., S. J. CHROPP, F. D. CALDER, J. D. RYAN, R. G. SMITH JR., L. C. BURNEY, F. G. LEWIS & C. H. RAWLINSTON. 1989. Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the south-eastern United States. *Environm. Sci. & Technol.* 23:314-320.
- WOLCOTT, T. G. & A. H. HINES. 1990. Ultrasonic telemetry of small-scale movements and microhabitat selection by moulting blue crabs (*Callinectes sapidus*). *Bull. Mar. Sci.* 46(1):83-94.

RECIBIDO: Septiembre 2007

ACEPTADO: Noviembre 2007