

Concentraciones de metales traza en *Ariopsis bonillai* (Pisces: Siluriformes) de Santa Marta, Caribe colombiano

Néstor Hernando Campos C.

I.C.N., Universidad Nacional de Colombia, c/o INVEMAR, A. A. 1016, Santa Marta, Colombia.

(Rec. 11-VII-1991. Acep. 20-II-1992)

Abstract: To determine changes in the contents of some heavy metals (Cd, Zn, Cu) in the fish *Ariopsis bonillai*, at Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, monthly samples were taken between July 1987 and June 1988. The highest concentrations in the muscle appear between November and February (4.24 µg Cd/g, 109.4 µg Zn/g and 13.3 µg Cu/g), during the periods of lower salinity, at the end of the rainy season, and at the beginning of the dry season. Metals were measured also in the liver: values for Zn and Cu were ten times higher than in the muscle. About the first half of the year, the values tend to be similar. Cd differences were not as strong as for the other metals.

Key words: Fish, heavy metals, seasonality, coastal lagoon.

En los sistemas acuáticos, tanto las partículas de sedimento como el material suspendido presentan metales pesados en concentraciones más altas que el agua. El material suspendido y las partículas de sedimento constituyen la principal fuente de alimento para las especies detritívoras, filtradoras y suspensívoras. La ingestión de metales y los bajos niveles del pH del tracto digestivo contribuyen a que ésta sea una de las principales vías de absorción de tales elementos y probablemente son las finas partículas oxidativas la fuente más importante de metales disponibles para la biota (Bryan *et al.* 1985).

Los organismos acuáticos son afectados en mayor grado por los contaminantes (tal es el caso del cobre) que los organismos terrestres, debido a que la relación superficie/volumen y el transporte de fluidos para la respiración son mayores. A esto se suma una mayor permeabilidad de las branquias en invertebrados y peces (Hodson *et al.* 1979).

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es la laguna costera más grande e importante de Colombia. A su alrededor se encuentran localizados ocho asentamientos poblacionales dedi-

cados exclusivamente a la extracción y comercialización de sus recursos pesqueros. Las especies de chivo (familia Ariidae) son, junto con la ostra y otros peces, las que sostienen las pesquerías de la ciénaga; además son organismos netamente estuarinos y están presentes en ella durante todo el año. Aquí se analizan los contenidos de metales trazas en el chivo cabezón (*Ariopsis bonillai*), durante un año en músculo e hígado.

MATERIAL Y METODOS

Entre julio de 1987 y junio de 1988 se recolectaron diez ejemplares por mes en el área del Caño Grande, Ciénaga Grande de Santa Marta (10° 43' y 11° 2' N y 74° 17' y 74° 33' W) con una red tipo atarraya, y se completó por compra directa a los pescadores, teniendo en cuenta, en este caso, que estuvieran aún vivos. Los peces fueron transportados en una nevera de icopor (0°C) al laboratorio y se congelaron (- 10°C) para el posterior procesamiento. Se midió la longitud estándar y se determinó el peso total.

De cada ejemplar se extrajeron dos submuestras: una, del músculo del lado derecho de la parte posterior a la cavidad gástrica, y la otra, del hígado; se colocaron en recipientes de polietileno previamente lavados con ácido clorhídrico 1N y nítrico 2N y agua destilada desionizada y se pesaron. Las muestras se almacenaron secas y maceradas.

Del macerado se tomaron submuestras, 100 μg de hígado y 200 μg de músculo. Cada submuestra se colocó en un tubo de ensayo, previamente lavado con ácido nítrico 2 N y agua destilada desionizada; se le adicionó 10 ml de una mezcla 1:1 de ácido nítrico superpuro y ácido perclórico. La digestión del material se realizó sobre un baño de arena a una temperatura entre 150 y 170°C; cuando la muestra se tornó translúcida e incolora se retiró del baño de arena y se diluyó 1:10 con agua destilada desionizada (Campos 1984).

Las concentraciones de Cd, Cu y Zn se midieron con un equipo de absorción atómica Varian, dotado de un horno de grafito.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de Cd (Fig. 1) presentaron un descenso en los primeros meses de muestreo (3.0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ en el primero y 1.5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ en el tercero), a partir del cuarto (octubre) hubo un aumento en los valores hasta el sexto muestreo (4.25 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ en diciembre). Posteriormente descendieron hasta alcanzar los valores más bajos en los dos últimos muestreos (0.24 y 0.45 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ en abril y junio respectivamente). Los valores de Zn descendieron del primer al sexto muestreo (43.8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ en julio a 18.4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ en diciembre), para ascender durante enero hasta alcanzar el máximo valor (109.4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$) y descender posteriormente hasta niveles cercanos a los detectados durante los primeros muestreos. El Cu presentó un comportamiento semejante al de Cd, los valores aumentaron (3.3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$) hasta alcanzar el máximo contenido en los meses de noviembre y diciembre (13.3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$) y a partir del último mes descendieron hasta alcanzar los niveles más bajos (2.1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$).

Estos metales han sido medidos en otros organismos del lugar, como es el caso de la ostra *Crassostrea rhizophorae* (Campos 1988a y 1990), en la que se han detectado concentraciones

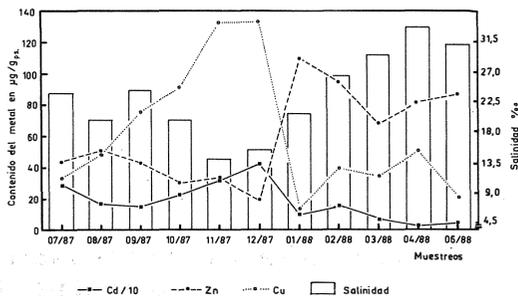


Fig. 1. Contenidos de los metales Cd, Zn y Cu en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ps}$ (peso seco) en el músculo del pez chivo *Ariopsis bonillai* de la Ciénaga Grande de Santa Marta; se dan los valores promedio ($n = 10$) y fluctuaciones de la salinidad durante los 11 muestreos. El ámbito de fluctuación para los tres metales es \leq al 20 %.

nes de Cd, Cu y Zn más altos que los medidos en este pez: para el Cu son en muchos casos superiores en una décima potencia, para el Zn hasta cinco veces y para Cd hasta dos veces. En relación con los registros realizados en otras partes, los valores del chivo cabezón son ligeramente superiores a los de Suecia, donde se han registrado valores entre 1 y 27 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ph}$ (peso húmedo), o los resultados dados por el Joint Monitoring Programme of European Countries, situados alrededor de 20 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ph}$ (GESAMP sin fecha).

Después de un descenso de la salinidad, el contenido de Cd en músculo disminuyó ligeramente (Fig. 1), aumentando luego junto con la salinidad. A pesar de que ésta disminuyó nuevamente, la tendencia ascendente del metal continuó hasta alcanzar la concentración máxima en diciembre. Posteriormente, disminuyó su contenido hacia los meses de salinidades altas y alcanzó los contenidos más bajos en los meses de mayores salinidades.

El Zn disminuyó durante los meses de menores salinidades, luego aumentó a medida que la salinidad alcanzaba los máximos valores, hasta el máximo contenido y permaneció relativamente estable durante los meses de salinidades altas.

El Cu reflejó los cambios en la salinidad de manera semejante al Cd, con la diferencia de que no se observó el descenso del contenido del primero al segundo muestreo.

Cd y Cu presentaron en general una relación inversa con la salinidad (análisis de correlación, $p \leq 0.05$); las mayores concentraciones se

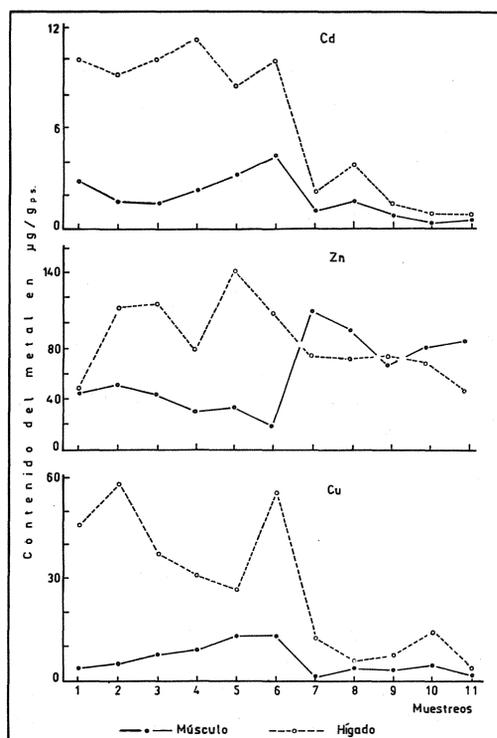


Fig. 2. Comparación de los contenidos de Cd, Zn y Cu en músculo e hígado del pez chivo *Ariopsis bonillai*, se dan los valores promedio ($n = 10$). Para los contenidos de Zn y Cu en el hígado los valores son superiores en una décima potencia (multiplicar $\times 10$). El ámbito de fluctuación para los tres metales es \leq al 20 %.

midieron en los meses de menores salinidades, mientras que en Zn la relación fue directa; los valores más altos se midieron durante los meses de mayores salinidades.

Hay tres causas básicas de los cambios en contenidos de metales en los organismos (Phillips 1980): (1) la descarga de contaminantes en el medio acuático, (2) el estado fisiológico de los organismos (en especial el ciclo sexual) y (3) los cambios en las condiciones ambientales, principalmente salinidad y temperatura. La salinidad es probablemente el factor que más puede influir en las tasas de acumulación, ya que es un reflejo de la descarga de aguas continentales, ricas en muchos casos en contaminantes. Por el contrario, puede ejercer un efecto de dilución, o influir en la biodisponibilidad. La salinidad es el factor ambiental determinante de las condiciones en los ecosistemas estuarinos, como es el caso de la CGSM.

Campos (1990) demostró que la salinidad es el parámetro ambiental que más afecta las tasas de acumulación de los metales en este ecosistema, ya que influye en la biodisponibilidad de esos elementos.

Los contenidos de Cd (Fig. 2) en el hígado fueron siempre mayores que en el tejido muscular; principalmente en los primeros seis muestreos. Los contenidos en hígado permanecieron más o menos constantes durante los seis primeros meses (entre $8.4 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps en noviembre y $11.3 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps en octubre). A partir de este muestreo, en el que el contenido del metal en el músculo disminuyó, el valor en el hígado alcanzó bruscamente los valores más bajos ($0.7 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps en junio y $3.8 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps en abril) y permanecieron así durante los meses restantes.

Los valores de Zn (Fig. 2) en el hígado fueron mucho mayores que los del músculo. El comportamiento del contenido de este metal para los dos tejidos fue inverso, los valores aumentaron en el hígado, cuando disminuyeron en el músculo y viceversa. Los valores más bajos en el hígado se observaron en junio y julio (470.5 y $478.6 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps respectivamente) y los más altos en agosto y septiembre (1109.6 y $1148.7 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps respectivamente).

Se observó un comportamiento del Cu (Fig. 2) semejante al del Cd. En los primeros muestreos los valores para el hígado fueron altos en relación con los del músculo, pero con una posible eliminación del Cu del hígado ($455.9 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps en el primero y $268.4 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps en noviembre) hasta que el contenido en el músculo alcanzó el valor máximo; durante este muestreo se presentó un ascenso brusco en el contenido en el hígado ($558.3 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps). A partir del sexto muestreo, el Cu muscular alcanzó el valor mínimo y el contenido en el hígado disminuyó también hasta alcanzar los valores más bajos (60.8 y $40.1 \mu\text{g.g}^{-1}$ ps) en abril y junio, respectivamente. Para los tres metales las diferencias entre los dos tejidos son significativas (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$).

Las menores diferencias entre los contenidos de los tres metales en ambos tejidos ocurren entre el quinto y séptimo muestreo, disminuyendo en el hígado y aumentando, en el caso del Zn, el contenido en el músculo.

En algunos períodos se pudo detectar una relación directa entre los contenidos de metales en el músculo y parámetros biológicos como el factor de condición K y el Cd muscular.

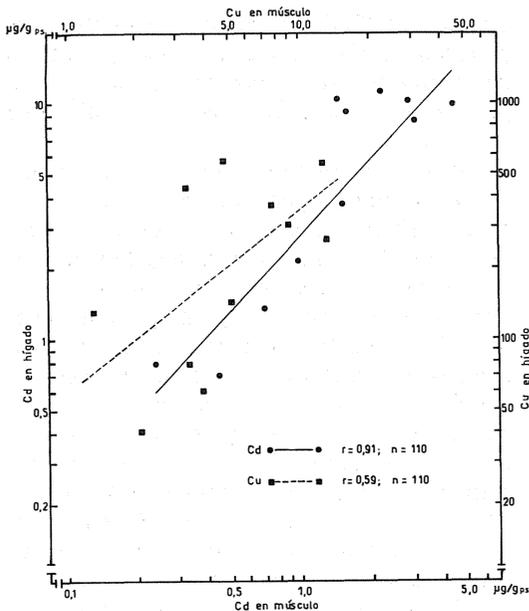


Fig. 3. Correlación entre los contenidos de Cd y Cu en el músculo y el hígado para el pez chivo *Ariopsis bonillai*, se dan los valores promedio para cada muestreo. Los cálculos se hicieron sobre el total de individuos (110: diez por muestreo).

El Zn no presentó correlación pero, como en el caso de los anteriores metales, se encontró una relación cuando se hizo el análisis por muestreo. Teniendo en cuenta que los valores de las pendientes son muy diferentes entre uno y otro, se dio por aceptado que no existe ningún tipo de relación entre el contenido de Zn en el músculo y las medidas del crecimiento.

Campos (1988 b) encontró una relación directa del Zn y el Cu e inversa del Cd y la Ag con el peso del animal en el chivo *Cathorops spixi*, pero los muestreos se limitaron tan solo al período seco (a comienzos de año).

Moore & Ramamorthy (1984) anotan que no se ha observado una relación entre el residuo del metal en el músculo y el tamaño de los peces, especialmente en el caso de Cu y Zn. Según esos autores, para Cd la carga en el cuerpo de los peces se puede incrementar con la talla, aun cuando existen registros que son excepciones a esta regla.

Al calcular los coeficiente de correlación entre los contenidos de Cd, Zn y Cu en músculo e hígado para el total de los 110 individuos (Fig. 3), sólo fueron significativas para Cd ($r=0.91$).

$p<0.05$) y Cu ($r=0.59$, $p<0.05$). Está registrado en la literatura, que contenido de Cd en hígado de peces es el doble que en músculo y para Cu puede ser 5-60 veces mayor en hígado (Moore & Ramamoorthy 1984).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a A. Acero y a dos revisores anónimos sus sugerencias sobre el manuscrito; y al Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia por su ayuda. El proyecto fue financiado conjuntamente por el INVE-MAR, Programa de Lagunas Costeras, y el CINDEC de la Universidad Nacional de Colombia.

RESUMEN

Con el fin de determinar los cambios en los contenidos de los metales pesados Cd, Zn y Cu en el pez *Ariopsis bonillai* de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, se hicieron muestreos mensuales entre julio de 1987 y junio de 1988. Para los tres metales, los mayores contenidos en músculo se presentan entre noviembre y febrero, los cuales corresponden a los períodos de más bajas salinidades, al final de la época de lluvias y a los primeros meses de la época seca y de mayores salinidades. Se midieron además los contenidos de estos tres metales en el hígado; se pudo comprobar que para Zn y Cu los valores son superiores (en el orden de una décima potencia) que en el músculo. Hacia la primera mitad del año, los valores tienden a acercarse entre sí; para Cd no se observaron diferencias tan notorias como en los otros metales.

REFERENCIAS

- Bryan, G.W., W.J. Langston, L.G. Hummerstone & G.R. Burt. 1985. A guide to the assessment of heavy-metal contamination in estuaries using biological indicators. Mar. Biol. Assos. U.K. Occ. Publ. 4: 92 p.
- Campos, N. H. 1984. Zur Belastung einiger Muschelarten von der karibischen Küste Kolumbiens mit Schwermetallen. Dissertation, Christian-Albrechts-Univ., Kiel, Alemania, 116 p.
- Campos, N. H. 1988 a. Selected bivalves for monitoring of heavy metal contamination in the Colombian

- Caribbean, p. 270-275. In U. Seeliger, L.D. Lacerda & S. R. Patchineelam (eds.). Metals in coastal environments of Latin America. Springer Verlag, Berlin.
- Campos N. H. 1988 b. Contenido de metales pesados en el chivo mapalé (*Cathorops spixi*) en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Mem. VI Sem. Nal. Cien. Mar, Com. Col. Oceanogr., Bogotá : 305 - 313.
- Campos, N.H. 1990. La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Caldasia* 19 (77): 231 - 244.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP) Joint group of experts on the scientific aspects of marine pollution. Review of potentially harmful substances: cadmium, lead and tin. Reports and Studies 22 : 1-27.
- Hodson, P.V., V. Borgmann & H. Shear. 1979. Toxicity of copper to aquatic biota, p. 307-372. In J.G. Nriagu (ed.). Copper in the environment. II. Health effects. Wiley-Interscience, Nueva York, 380.p.
- Moore, J. W. & S. Ramamoorthy. 1984. Heavy metals in natural waters. Springer Verlag, Nueva York, 233 p.
- Phillips, D.J.H. 1980. Quantitative aquatic biological indicators. Applied Science, Londres, 488 p.