

METALES PESADOS EN PECES DEL VALLE DE CULIACAN, SINALOA, MEXICO

HEAVY METALS IN FISHES FROM CULIACAN VALLEY, SINALOA, MEXICO

Gildardo Izaguirre Fierro¹
Federico Páez Osuna²
José Isidro Osuna López³

¹ Escuela Preparatoria Rosario y
Coordinación General de Investigación y Posgrado
Universidad Autónoma de Sinaloa
B. Juárez 1004
Mazatlán, Sinaloa 82040, México

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado Postal 811
Mazatlán, Sinaloa 82000, México

³ Escuela de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Autónoma de Sinaloa
Apartado Postal 610
Mazatlán, Sinaloa 82000, México

Recibido en mayo de 1991; aceptado en enero de 1992

RESUMEN

Se evaluaron los niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en el músculo comestible, branquia y vísceras de los peces *Mugil curema* y *Tilapia mossambica* colectados en abril de 1988 en las lagunas de Chiricahueto y Bataoto y el Río Culiacán, en el noroeste de la costa de México. Se encontró que la mayoría de los metales presentaron niveles más elevados en los peces colectados en la laguna de Chiricahueto y más bajos en el Río Culiacán. Al comparar los resultados obtenidos en esta área con los registrados en otras localidades en la misma especie o género, se observó que los niveles de concentración de Cu fueron dos veces más elevados (5.6 µg/g) en el músculo comestible de *T. mossambica* del valle de Culiacán con respecto a los encontrados en la misma especie pero en el valle de Mexicali, donde se obtuvieron niveles de 2.6 µg/g. Por su parte, el nivel de Cu en el tejido comestible de *M. curema*, analizado en este trabajo, fue de 6.3 µg/g, concentración que resultó tres veces más alta en comparación con las obtenidas en la costa de Florida para la especie *M. cephalus* (1.9 µg/g). No obstante que los niveles de Cu fueron relativamente elevados, éstos no rebasan los límites establecidos por la Legislación Internacional de Salud Pública.

ABSTRACT

Levels of Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn were evaluated in edible muscle, gill and viscera of the fishes *Mugil curema* and *Tilapia mossambica*, collected in April 1988 from the Chiricahueto and Bataoto lagoons and Culiacán River, on the northwestern coast of Mexico. In general, the highest concentrations were found in the fishes from Chiricahueto lagoon and the

lowest in fishes from the Culiacán River. The levels observed were compared with those reported for other areas in the same species or genus. The Cu concentrations in the edible muscle of *T. mossambica* for this study (5.6 µg/g) were twofold than the levels found in Mexicali Valley, Baja California, Mexico (2.6 µg/g). The Cu levels in edible muscle of *M. curema* (6.3 µg/g) were threefold than the Cu levels of *Mugil cephalus* (1.9 µg/g) reported for the Miami coast. Although the Cu levels were relatively high, they did not exceed those established by the International Public Health Legislation.

INTRODUCCION

Entre las especies bioindicadoras de contaminación, además de los ostiones y mejillones, se ha reconocido ampliamente la importancia de los peces para la vigilancia de la contaminación marina (Phillips, 1977; Phillips y Segar, 1986; Jensen y Cheng, 1987).

En el valle de Culiacán no existen antecedentes de estudios que informen sobre la posible contaminación por metales pesados en los peces de las lagunas interiores, en las cuales se vierten aguas de retorno agrícola a través de drenes y canales, y que a su vez se comunican con el sistema lagunar de Altata-Ensenada del Pabellón.

Las principales especies de escama que se explotan en esos cuerpos de agua son: tilapia (*T. mossambica*), lisa (*M. curema* y *M. cephalus*), chihuil (*Galeichthys* sp.) y puyequé (*Dormitator latifrons*). La producción obtenida se destina al mercado local y nacional; en 1983 se capturaron 274 toneladas de tilapia y 344 toneladas de lisa en el municipio de Culiacán (DEEE, 1985).

El volumen de estas capturas muestra la importancia del recurso como alimento humano. Debido a la carencia de estudios que permitan evaluar los niveles de metales pesados en bioindicadores específicamente de la zona, en este trabajo se presentan las concentraciones de cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc en el músculo comestible, branquias y vísceras de los peces *T. mossambica* y *M. curema*, estableciéndose información sobre de qué metales pesados, en particular, se han hecho mayores usos y/o movilizaciones en el valle de Culiacán. También se define (con respecto a estos elementos) la calidad de los organismos como alimento para el consumo humano.

AREA DE ESTUDIO

El valle de Culiacán se localiza sobre la cuenca de drenaje del sistema lagunar Altata-Ensenada del Pabellón, en la parte

INTRODUCTION

In addition to oysters and mussels, fishes are considered important biological indicators in monitoring marine pollution (Phillips, 1977; Phillips and Segar, 1986; Jensen and Cheng, 1987).

There is no available information on the possible contamination by heavy metals of fishes from the inner lagoons of Culiacán Valley. Agricultural run-off is channelled into these bodies of water, which in turn communicate with the Altata-Ensenada del Pabellón lagoon system.

The main species of scale fish exploited in these bodies of water are: tilapia (*T. mossambica*), mullet (*M. curema* and *M. cephalus*), chihuil (*Galeichthys* sp.) and Pacific fat sleeper (*Dormitator latifrons*). Catches are destined to local and national markets. In 1983, 274 tons of tilapia and 344 tons of mullet were caught in Culiacán (DEEE, 1985).

The volume of these catches indicates the importance of this resource as food for human consumption and the need for studies regarding the levels of heavy metals in bioindicators specifically of the area. The concentrations of cadmium, cobalt, chromium, copper, iron, manganese, nickel, lead and zinc in the edible muscle, gills and viscera of the fishes *T. mossambica* and *M. curema* are reported in this study, in order to establish information on the heavy metals, in particular, that have been most used or transported in Culiacán Valley. The quality of the organisms as food for human consumption (in relation to these elements) is also defined.

STUDY AREA

Culiacán Valley is located on the drainage basin of the Altata-Ensenada del Pabellón lagoon system, in the central part of the state of Sinaloa in northwestern Mexico (24°20' - 24°50' N, 107°20' - 107°58' W). The lagoon system is associated to several estuaries

central del estado de Sinaloa al noroeste del país, entre los 24°20' y 24°50' de latitud Norte y los 107°20' y 107°58' de longitud Oeste (Fig. 1). El sistema lagunar principal se halla asociado a varios esteros y lagunas interiores, de las cuales destacan por su tamaño Bataoto, Caimanero y Chiricahueto.

El área de la cuenca de drenaje es de 17,195 km², tiene un escurrimiento promedio de 3,276.2 millones de metros cúbicos por año, y es el Río Culiacán el único que desemboca en el sistema lagunar (DEEE, 1985). Las lagunas interiores de Bataoto, Caimanero y Chiricahueto con 2, 3 y 18 km² de superficie respectivamente, tienen una profundidad media inferior a 1 m, con sedimentos finos (limos y arcillas) ocasionalmente fétidos. Estas lagunas reciben las aguas de retorno agrícola del valle de Culiacán y los efluentes residuales de dos ingenios azucareros.

MATERIALES Y METODOS

La colecta se realizó en abril de 1988. La Tabla 1 presenta una relación de las estaciones de muestreo donde se colectaron *T. mossambica* y *M. curema* en el valle de Culiacán. En el caso de la lisa, *M. curema* no se colectó en la estación 3. Un total de 15 especímenes fueron obtenidos directamente de las lanchas de los pescadores que capturan peces con atarraya en las estaciones de muestreo. De cada localidad se seleccionaron tres individuos por especie y de talla homogénea y se colocaron en bolsas de plástico para llevarlas al laboratorio.

Se procedió primeramente a la identificación, medición y peso de los organismos; enseguida se hizo la disección y separación de porciones del tejido comestible, las vísceras y branquias completas de cada uno de los individuos. Después, con cada tejido de los tres organismos se preparó un homogeneizado con el material ya seco (90°C), molido (en mortero de teflón) y tamizado (en malla de nylon de 250 µm).

El análisis de los metales pesados se hizo por espectrofotometría de absorción atómica, mediante el método de adición de estándares, después de llevar a disolución los metales y digerirlos con ácido nítrico destilado de acuerdo al procedimiento descrito por Páez-Osuna y Marmolejo-Rivas (1990). La exactitud y precisión analítica fue verificada por el análisis de material de referencia (MA-B-3/TM), que

and inner lagoons, the largest being Bataoto, Caimanero and Chiricahueto.

The area of the drainage basin is 17,195 km². It has an average run-off of 3,276.2 millions of cubic meters per year, and Culiacán River is the only river that flows into this lagoon system (DEEE, 1985). The inner lagoons of Bataoto, Caimanero and Chiricahueto with an area of 2, 3 and 18 km², respectively, have a mean depth of less than 1 m, with fine, occasionally fetid sediments (mud and clay). These lagoons receive the agricultural run-off from Culiacán Valley and the wastewater discharged by two sugar mills.

MATERIALS AND METHODS

Specimens of *T. mossambica* and *M. curema* were collected in April 1988 from three stations in Culiacán Valley (Table 1). *M. curema* was not collected at station 3. A total of 15 specimens were obtained directly from the boats of fishermen that fish with casting nets at the sampling stations. Three individuals of each species and of homogeneous size were selected from each station and placed in plastic bags for further analysis in the laboratory.

The organisms were first identified, measured and weighed. They were then dissected and parts of the edible tissue, viscera and complete gill of each individual were removed. A homogenate was prepared with each tissue of the three organisms once the material had been dried (90°C), pulverized in a teflon mortar and sieved through a 250 µm nylon mesh.

The heavy metals were analysed by atomic absorption spectrophotometry, using the method of addition of standards, after the dissolution of the metals and digesting them with distilled nitric acid according to the procedure described by Páez-Osuna and Marmolejo-Rivas (1990). The analytical precision was verified through the analysis of reference material (MA-B-3/TM), consisting of a homogenate of the muscle of the needlefish (*Belone belone*), of which some metals were certified in the intercalibration organized by the International Atomic Energy Agency (IAEA, 1985). A list of the elements analysed in this study is given in Table 2. Except for lead, the concentrations of the other metals were within the limits of the confidence

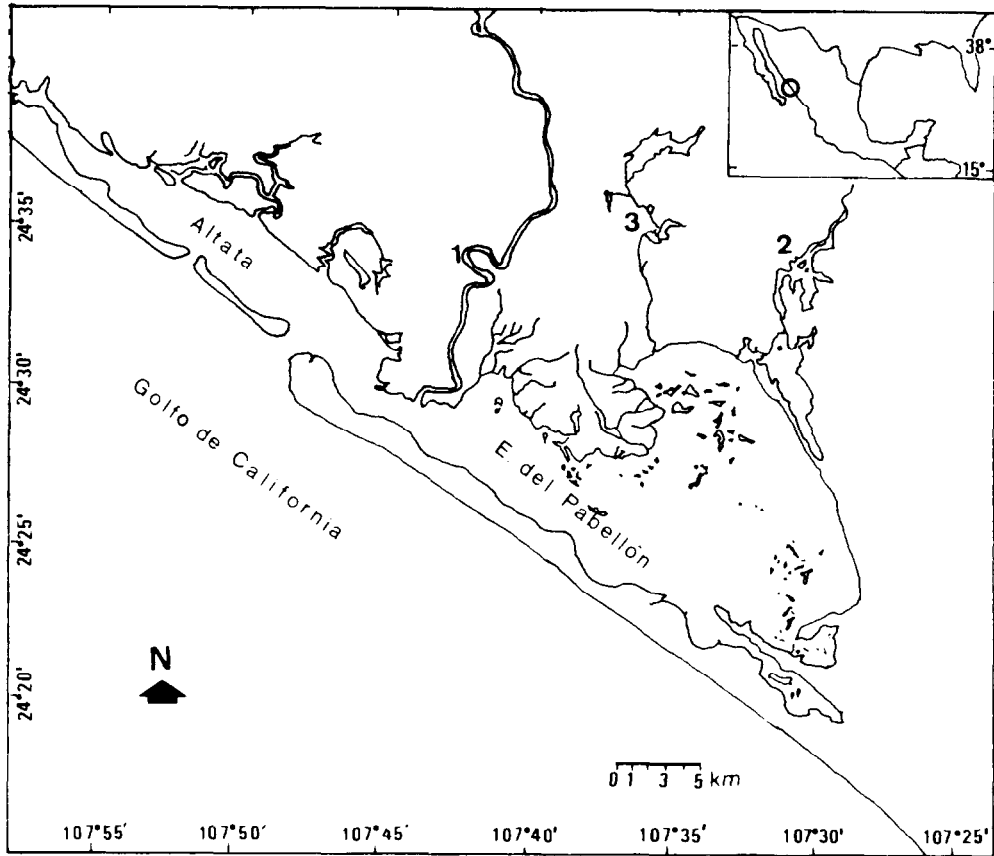


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo.
Figure 1. Location of the sampling stations.

Tabla 1. Localidades de colecta de *Tilapia mossambica* y *Mugil curema* en cuerpos de agua interiores del valle de Culiacán.

Table 1. Stations in the inner bodies of water of Culiacán Valley where *Tilapia mossambica* and *Mugil curema* were collected.

Estación	Localidad	Número de individuos	Especie colectada	Longitud promedio (cm)	Peso promedio (g)
1	Aguapepito/ Río Culiacán	3	<i>M. curema</i>	33.7	535.5
		3	<i>T. mossambica</i>	23.7	300.5
2	Laguna de Chiricahueto	3	<i>M. curema</i>	26.4	279.4
		3	<i>T. mossambica</i>	19.9	133.4
3	Laguna de Bataoto	3	<i>T. mossambica</i>	26.2	314.5

consistió en un homogeneizado del músculo del pez aguja (*Belone belone*), del cual se certificaron algunos de los metales en los ejercicios de intercalibración organizados por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1985). En la Tabla 2 se muestra una lista con los elementos analizados en este trabajo. Excepto el plomo, los demás metales que aparecen en la lista presentan concentraciones dentro o en el límite del intervalo de confianza establecido. El plomo está sobreestimado con 0.92 $\mu\text{g/g}$ con respecto al límite superior del intervalo dado, por esta razón no se incluye en la comparación con otras áreas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 3 se muestran los resultados analíticos de los nueve metales por estación, especie y tejido. Tanto para *T. mossambica* (colectada en las tres estaciones) como para la lisa *M. curema* (ausente en la estación 3), se observó, en general, una menor concentración de los metales en el tejido muscular comestible en comparación con las branquias y vísceras. Esto coincide con lo encontrado por otros autores en diferentes especies de peces (Ting, 1971; Benoit *et al.*, 1976), aunque en este trabajo esto fue más evidente y sistemático para el Fe y Zn.

La secuencia de las concentraciones relativas de los diferentes metales en los distintos tejidos fue similar en las dos especies; así, se tuvo que el hierro, zinc y cobre presentaron los valores más altos y el cadmio, cobalto y cromo fueron los más bajos, mientras que el manganeso y plomo ocuparon una posición intermedia, la cual varía según el tipo de tejido y estación.

Cuando se compararon las concentraciones metálicas de los peces colectados, entre cada una de las estaciones, fue notorio observar la tendencia, en varios metales, a presentar niveles de concentración más elevados en la estación 2 (Chiricahueto) y en general más bajos en la estación 1 (Aguapepito, Río Culiacán). Por ejemplo: en el músculo comestible de *T. mossambica* de la estación 2, las concentraciones ($\mu\text{g/g}$ base seca), de Cu (6.2), Co (1.1), Cd (0.6), Cr (1.0), Fe (64) y Ni (2.1) presentaron un 14%, 22%, 20%, 32%, 14% y 10%, respectivamente, más elevados que en la estación 1.

Con respecto a la estación 3, los niveles de Cu, Cd, Fe y Ni encontrados en el tejido

range established. Lead was overestimated by 0.92 $\mu\text{g/g}$ with respect to the upper limit of the range and was therefore not included in the comparison with other areas.

RESULTS AND DISCUSSION

The analytical results of the nine metals per station, species and tissue are presented in Table 3. In general, for both *T. mossambica* (collected at the three stations) and *M. curema* (absent at station 3), a lower concentration of metals was found in the edible muscle tissue than in the gills and viscera. This coincides with that found by other authors in different species of fish (Ting, 1971; Benoit *et al.*, 1976), although in this study this was more evident and systematic for Fe and Zn.

The sequence of the relative concentrations of the different metals in the different tissues was similar for both species: iron, zinc and copper had the highest values and cadmium, cobalt and chromium the lowest, whereas manganese and lead occupied an intermediate position, varying according to the type of tissue and station.

When the concentrations of metals in the fishes collected at the different stations were compared, the levels of several metals were found to be higher at station 2 (Chiricahueto) and generally lower at station 1 (Aguapepito, Culiacán River). For example: the concentrations ($\mu\text{g/g}$) of Cu (6.2), Co (1.1), Cd (0.6), Cr (1.0), Fe (64) and Ni (2.1) in the edible muscle of *T. mossambica* from station 2 were 14%, 22%, 20%, 32%, 14% and 10% higher, respectively, than at station 1.

The levels of Cu, Cd, Fe and Ni found in the edible tissue of *T. mossambica* at station 3 were comparable to those obtained at station 2, with differences in concentration of less than 10%. This could be due to the precision of the analytical method. However, the levels of Cr and Pb at station 2 were 80% higher and the levels of Co and Mn at station 2 were 28% and 26% higher, respectively, than those obtained at station 1.

Regarding the levels of metals in the edible muscle of *M. curema*, only Cu and Fe occurred, in an evident and systematic manner, with higher concentrations at station 2 compared to station 1.

Unlike station 1 in Culiacán River, the lagoons of Chiricahueto and Bataoto receive

Tabla 2. Concentración ($\mu\text{g/g}$ base seca) de elementos en el material de referencia MA-B-3/TM (IAEA, 1985).

Table 2. Concentration ($\mu\text{g/g}$ dry weight) of elements in the reference material MA-B-3/TM (IAEA, 1985).

Metal	Intervalo de confianza (nivel de significancia 0.05)	Clase de resultado*	Concentración encontrada
Cd	N.D.	N.D.	0.19 \pm 0.04
Co	N.D.	N.D.	0.42 \pm 0.10
Cr	0.45-0.94	C	0.88 \pm 0.21
Cu	2.85-3.57	A	3.01 \pm 0.21
Fe	87.3-107.2	A	93.8 \pm 12.7
Mn	2.22-3.03	A	2.28 \pm 0.12
Ni	N.D.	N.D.	1.25 \pm 0.22
Pb	3.85-5.13	A	7.25 \pm 1.20
Zn	106.4-111.9	A	102.1 \pm 8.7

* N.D. = No detectable, A = satisfactorio, B = aceptable, C = no certificado.

Tabla 3. Concentración de metales pesados ($\mu\text{g/g}$ base seca) en *M. curema* y *T. mossambica* en cuerpos de agua interiores del valle de Culiacán, Sinaloa, México.

Table 3. Concentration of heavy metals ($\mu\text{g/g}$ dry weight) in *M. curema* and *T. mossambica* from inner bodies of water in Culiacán Valley, Sinaloa, Mexico.

Tejido	Estación	Cu	Co	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni	Pb	Zn
<i>Mugil curema</i>										
Músculo	Aguapepito/	5	N.D.	0.4	N.D.	0.5	28	1.7	2.8	14
Branquias	Río Culiacán	6.7	3.4	0.5	1.7	28.1	869	4.7	12.3	68
Visceras		16.1	4	0.6	3.9	N.D.	3762	6.2	20.4	63
Músculo	Laguna de	7.5	0.2	0.4	0.4	0.6	40	1.7	N.D.	19
Branquias	Chiricahueto	4.8	7.5	0.5	1.4	332.6	482	5	22	78
Visceras		32.3	8.5	0.4	5.8	318.8	7074	6.9	13.2	84
<i>Tilapia mossambica</i>										
Músculo	Aguapepito/	4.6	0.7	0.4	0.5	6.5	37	1.7	0.9	19
Branquias	Río Culiacán	58.3	2.9	1.9	2	10.6	1915	6.7	30.4	1011
Visceras		20.7	8.2	1.2	5.4	N.D.	6590	10.3	21.2	77
Músculo	Laguna de	6	0.6	0.5	0.1	1	75	1.8	0.1	14
Branquias	Bataoto	113.2	2.3	2.2	2.6	36	722	5.7	17.5	2039
Visceras		72.3	2.2	1.7	1.1	63.2	1543	2.7	6.2	74
Músculo	Laguna de	6.2	1.1	0.6	1	2.9	64	2.1	1	19
Branquias	Chiricahueto	5.4	1.7	0.6	1.7	59.8	180	3.2	26.8	74
Visceras		29.1	5.7	1	5.5	N.D.	11598	8.8	32.8	81

N.D. = No disponible.

comestible de la tilapia fueron comparables con los obtenidos en la estación 2 (con diferencias de concentración menores al 10%), los cuales pueden deberse a la precisión del método analítico. En cambio, el Cr y Pb de la estación 2 presentaron niveles superiores en un 80%, y el Co y Mn de esa misma estación tuvieron concentraciones superiores en un 28 y 26% respectivamente en relación con los obtenidos en la estación 1.

Por lo que se refiere a los niveles metálicos del tejido comestible de *M. curema*, sólo en el Cu y Fe se presentaron, de manera evidente y sistemática, mayores concentraciones en la estación 2 con respecto a la estación 1.

Las dos lagunas mencionadas (Chiricahueto y Bataoto), a diferencia de la estación 1 en el Río Culiacán, reciben además de los escurrimientos agrícolas, los efluentes de dos ingenios azucareros.

Los desechos de la industria azucarera, no obstante que generan una importante cantidad de sólidos y materia orgánica, no se han relacionado con la presencia de niveles altos de metales pesados (Ahmad y Mahmoud, 1982). En cambio, los agroquímicos como los fertilizantes y fungicidas se caracterizan por tener importantes cantidades de varios metales, entre otros: manganeso, cobre, zinc, cobalto, molibdeno, cadmio, etc. (Forstner y Wittmann, 1979). Lo anterior sugiere que la principal fuente de suministro de metales pesados puede provenir de los residuos de agroquímicos vertidos en las lagunas de Chiricahueto y Bataoto. Esto podría ser comprobado mediante un estudio de los niveles de plaguicidas y fertilizantes en el agua, biota y sedimentos de esas dos lagunas. En este sentido, un estudio técnico realizado por González-Farías *et al.* (1988) en el complejo lagunar-estuarino de Bahía de Altata-Ensenada del Pabellón, incluyendo las lagunas de Bataoto, Chiricahueto y Caimanero, mostró que las concentraciones de plaguicidas organoclorados detectadas en ese ecosistema (particularmente en peces y moluscos bivalvos) son muy elevadas. Por ejemplo: en el músculo comestible de *T. mossambica* y en el tejido blando del bivalvo *Sphaerium* sp. se obtuvieron niveles de 0.0647 y 1.9592 $\mu\text{g/g}$ peso seco de aldrín, respectivamente.

Un aspecto interesante de estos estudios es el de confrontar los resultados obtenidos con los de otras localidades. Por esta razón, se

the wastewater discharged by two sugar mills as well as agricultural run-off.

Wastewater from the sugar industry, despite generating an important amount of solids and organic matter, has not been related to the presence of high levels of heavy metals (Ahmad and Mahmoud, 1982). On the other hand, agrochemicals such as fertilizers and fungicides contain important amounts of several metals, including manganese, copper, zinc, cobalt, molybdenum, cadmium, among others (Forstner and Wittmann, 1979). This suggests that agrochemical residues discharged into Chiricahueto and Bataoto lagoons are the main source of heavy metals. A study of the levels of pesticides and fertilizers in the water, biota and sediments of these two lagoons would verify this. A technical study carried out by González-Farías *et al.* (1988) in the lagoon-estuarine complex of Bahía de Altata-Ensenada del Pabellón, including the lagoons of Bataoto, Chiricahueto and Caimanero, showed that the concentrations of organochlorine pesticides detected in this ecosystem (particularly in fishes and bivalve molluscs) are very high. For example: levels of 0.0647 and 1.9592 $\mu\text{g/g}$ dry weight of aldrin were found in the edible muscle of *T. mossambica* and in the soft tissue of the bivalve *Sphaerium* sp., respectively.

The concentrations of metals found in the edible muscle of *T. mossambica* in this study were compared to the results obtained by Gutiérrez-Galindo *et al.* (1989) for Mexicali Valley. Both sites are agricultural areas. The concentrations of chromium and manganese were similar, but the concentration of zinc was lower in this study whereas the concentration of copper was two times higher (5.6 $\mu\text{g/g}$) in Culiacán Valley than in Mexicali Valley (2.6 and 2.1 $\mu\text{g/g}$).

The levels of concentration of four trace elements in the edible muscle of the two species from Culiacán Valley were compared to the levels obtained by Eustace (1974) in 39 species from a polluted area of the Derwent Estuary, Tasmania. The ranges of concentration ($\mu\text{g/g}$ dry weight) obtained in the present study were: Cd (0.4-0.6), Cu (4.6-7.5), Mn (0.5-6.5) and Zn (14-19). Those published by Eustace (1974) were: Cd (0.56-1.2), Cu (2.0-8.4), Mn (2.0-5.2) and Zn (20-54). These results show that the levels of Cu and Mn in fishes from Culiacán Valley were similar to those in fishes from the Derwent Estuary.

compararon las concentraciones metálicas del músculo comestible de *T. mossambica* encontradas en este trabajo y las publicadas por Gutiérrez-Galindo *et al.* (1989) para el valle de Mexicali; en ambas áreas existe un importante desarrollo agrícola. Las concentraciones de cromo y manganeso resultaron semejantes, la del zinc fue menor en este estudio y, en cambio, la concentración del cobre en el valle de Culiacán fue dos veces mayor (5.6 µg/g) con respecto a las del valle de Mexicali donde se encontraron niveles de 2.6 y 2.1 µg/g.

Se hicieron también comparaciones entre los niveles de concentración del contenido de cuatro elementos traza del músculo comestible de las dos especies del valle de Culiacán y los obtenidos por Eustace (1974) en 39 especies de una área contaminada del estuario tropical de Derwent, Tasmania. Los intervalos de concentración (µg/g base seca) en este estudio fueron Cd (0.4-0.6), Cu (4.6-7.5), Mn (0.5-6.5) y Zn (14-19); mientras que los publicados por Eustace (1974) fueron Cd (0.56-1.2), Cu (2.0-8.4), Mn (2.0-5.2) y Zn (20-54). Estos resultados muestran que el Cu y Mn de los peces del valle de Culiacán presentan niveles similares a los peces del estuario tropical de Derwent; sin embargo, esta comparación se debe tomar con reservas ya que no se trata de las mismas especies. Con respecto a *M. curema*, los niveles de metales del tejido muscular comestible encontradas en este trabajo fueron comparadas con las obtenidas en el músculo comestible de *M. cephalus* de la costa de Florida (Windom *et al.*, 1973). Se observó que los niveles de zinc y cadmio fueron muy similares, pero de nuevo, el contenido de cobre es mayor en los organismos del valle de Culiacán, los cuales presentaron una concentración de 6.3 µg/g, mientras que los de Florida tuvieron concentraciones de 1.9 µg/g. Es decir, los valores de cobre de este trabajo fueron tres veces más elevados.

Esto demuestra que el cobre se haya suficientemente disponible para la biota del área de estudio como para acumularse en los niveles mencionados; los aportes de este metal pueden provenir de los plaguicidas utilizados en el área, tales como hidróxido cúprico, sulfato tribásico de cobre, etc. (Anónimo, 1990). Sin embargo, a pesar de que los niveles fueron relativamente altos, no rebasan los límites máximos permitidos en peces y productos pesqueros que se han recomendado en algunos países como Australia e Inglaterra, que

However, this comparison is based on different species.

The levels of metals in the edible muscle of *M. curema* obtained in this study were compared to those found in the edible muscle of *M. cephalus* from the coast of Florida (Windom *et al.*, 1973). The levels of zinc and cadmium were similar. However, the concentration of copper in the organisms from Culiacán Valley (6.3 µg/g) was three times higher than in those from Florida (1.9 µg/g).

This shows that copper is sufficiently available for the biota of the study area to be able to accumulate in the above-mentioned levels. The source of this metal could be the pesticides used in the area, such as cupric hydroxide, tribasic sulphate, etc. (Anónimo, 1990). However, even though the levels were relatively high, they do not exceed the maximum limits recommended in fishes and fishery products by countries such as Australia and England, that have established a maximum limit of 10 µg/g and 50 µg/g dry weight, respectively (Nauen, 1983).

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Héctor M. Zazueta Padilla and Humberto Bojórquez Leyva for their help in the field work and analyses. This work was supported in part by the Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología and by the Coordinación General de Investigación y Posgrado of the University of Sinaloa.

English translation by Christine Harris.

han establecido como límite máximo 10 µg/g y 50 µg/g de peso fresco, respectivamente (Nauen, 1983).

AGRADECIMIENTOS

A Héctor M. Zazueta Padilla y a Humberto Bojórquez Leyva por su colaboración en el trabajo de campo y en los análisis efectuados. Este trabajo fue apoyado parcialmente por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la Coordinación General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

LITERATURA CITADA

- Ahmad, S. and Mahmoud, T.A. (1982). Wastewater from a sugar refining industry. *Water Res.*, 16: 345-355.
- Anónimo (1990). The fate of agrochemicals in tropical coastal lagoon ecosystems. Progress Report Year 1, IAEA-UNAM.
- Benoit, D.A., Leonard, E.N., Christensen, G.M. and Fiandt, J.T. (1976). Toxic effects of cadmium on three generations of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 105(4): 550-560.
- DEEE, Dirección de Estadística y Estudios Económicos (1985). Síntesis Monográfica: Municipio de Culiacán. Gobierno del Estado de Sinaloa, 248 pp.
- Eustace, I.J. (1974). Zinc, cadmium, copper and manganese in species of finfish and shellfish caught in the Derwent Estuary, Tasmania. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 25: 209-220.
- Forstner, U. and Wittmann, G.T.W. (1979). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer Verlag, 485 pp.
- González-Farías, F., Páez-Osuna, F., Bojórquez-Leyva, H. y Hernández-Garza, M. (1988). Determinación de los niveles de contaminación del agua en lagunas costeras del estado de Sinaloa. Informe Técnico, UNAM-SEDUE.
- Gutiérrez-Galindo, E., Flores, G. y Rojas, V. (1989). Metales traza en peces del valle de Mexicali, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 15(4): 105-115.
- IAEA, International Atomic Energy Agency (1985). Intercalibration of analytical methods on marine environmental samples: trace elements measurements on mussel homogenate. Report No. 26, Monaco, 44 pp.
- Jensen, A. and Cheng, Z. (1987). Statistical analysis of trend monitoring data of heavy metals in flounder (*Platichthys flesus*). *Mar. Pollut.*, 5: 230-238.
- Nauen, C.C. (1983). *Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 487 pp.
- Páez-Osuna, F. and Marmolejo-Rivas, C. (1990). Trace metals in tropical coastal lagoon bivalves: *Crassostrea corteziensis*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 45: 545-551.
- Phillips, D.J.H. (1977). The use of biological indicator organisms to monitor trace metals pollution in marine and estuarine environments - a review. *Environmental Pollution*, 13: 282-317.
- Phillips, D.J.H. and Segar, D.A. (1986). Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants, programme design imperatives. *Mar. Pollut. Bull.*, 17: 10-17.
- Ting, R.Y. (1971). Distribution of Zn, Fe, Mn, and Sr in marine fishes of different feeding habits. In: *Radionuclide in Ecosystems*. Proc. Third Nat. Symp. Radioecol., 2: 709-720.
- Windom, H., Stikney, R., Smith, R., White, D. and Taylor, F. (1973). Arsenic, cadmium, copper, mercury and zinc in some species of North Atlantic finfish. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 30: 275-279.