

Metales Pesados (Ba, Cu y Hg) en tejidos de *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México

Heavy metals (Ba, Cu and Hg) in tissues of *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) in the Tampamachoco Lagoon in Veracruz, Mexico

López-Jiménez María A. ¹✉, Pulido-Flores Griselda², Serrano Arturo³, Marisela López-Orteg¹ y Laura Vázquez-Castán¹

¹Universidad Veracruzana, Carr. Tuxpan-Tampico Km. 7.5, C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México Teléfono. (783) 83 44350 ext. 46111. ²Centro de Investigaciones Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Col. Carboneras, C.P.42181, Mineral de la Reforma, Hidalgo. ³Laboratorio de Mamíferos Marinos, Universidad Veracruzana, Carr. Tuxpan-Tampico Km. 7.5, C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México Teléfono. (783) 83 44350 ext. 46113.

✉ Autor para correspondencia: malopez@uv.mx

Recibido: 15/01/2014

Aceptado: 18/07/2014

RESUMEN

A nivel mundial, las lagunas costeras son consideradas como ambientes de alta productividad y una elevada riqueza en biodiversidad. Están situadas a lo largo del litoral que en la mayoría de los casos tienen una comunidad permanente con el mar como es el caso de la laguna de Tampamachoco, Veracruz. Biológicamente, la zona costera y marina del Golfo de México representa una región de gran valor ecológico y económico para México ya que tiene una gran diversidad de ecosistemas marinos y recursos naturales. Los metales pesados son elementos naturales de la corteza terrestre, rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y del agua. Existen cambios en sus concentraciones debido al uso extensivo en la industria y actividades humanas. Este estudio tuvo como objetivo el determinar si se encuentran presentes los metales pesados Ba, Cu y Hg en organismos de lebrancha (*Mugil curema* Valenciennes, 1836). Se muestrearon peces para el análisis cuantitativo de los metales pesados. El método que se utilizó se hizo en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994 mediante la técnica "Espectrometría de absorción atómica". Se hicieron 14 muestreos del 2009 al 2010. La concentración promedio en tejidos para el músculo fue de Ba= 9.66 mg/kg, Cu= 3.33 mg/kg; en piel fue de Ba= 14.40 mg/kg, Cu= 6.28 mg/kg; en branquias fue de Ba= 43.26 mg/kg, Cu= 8.13 mg/kg; y finalmente en hígado fue de Ba= 7.57 mg/kg, Cu= 25.99 mg/kg. Las concentraciones que se hallaron en los tejidos de *M. curema* principalmente en las branquias son el tejido principal de recolección de los metales pesados, ya que la respiración es un factor determinante en la bioacumulación de estos contaminantes.

Palabras clave: *Mugil curema*, tejidos, metales pesados, laguna, Veracruz.

ABSTRACT

At the global level, coastal lagoons are considered as being as a high production environments as well as a high richness in biodiversity. They are located along the littoral, which in the majority of the cases, has a permanent community with the sea like the Tampamachoco Lagoon in Veracruz State. Biologically, the coastal and marine zone of the Gulf of Mexico represents a great ecological and economic value for Mexico because, it has a great diversity of marine ecosystems and natural resources. Heavy metals are natural elements of the earth crust, rocks, soils, sediments, volcanic eruption and of the water. There are some changes in their concentrations due to the extensive use in industry and human activities. The objective of this research is to determine the existence of heavy metals such as Ba, Cu y Hg in organisms of lebrancha (*Mugil curema* Valenciennes, 1836). Fish were sampled for the quantitative analysis of the heavy metals. The method used was based on the Official Mexican Regulation NOM-117-SSA1-1994 by means of the technique "Spectrometry of atomic absorption". 14 samples were done from 2009 to 2010. The average concentration in tissues for the muscles was Ba= 9.66 mg/kg, Cu= 3.33 mg/kg; in skin was Ba= 14.40 mg/kg, Cu= 6.28 mg/kg; in gill was Ba= 43.26 mg/kg, Cu= 8.13 mg/kg; and finally in liver was Ba= 7.57 mg/kg, Cu= 25.99 mg/kg. The concentrations found in the *M. curema* tissues, mainly in the gill, are the main tissue of collection of the heavy metals because breathing is a determine factor in the bioaccumulation of these pollutants.

Keywords: *Mugil curema*, tissues, heavy metals, lagoon, Veracruz.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras definidas en 1977 por Lankford, son cuerpos acuáticos semicerrados y situados por debajo del nivel máximo de las mareas más altas, separadas del mar por algún tipo de barrera y con el eje mayor paralelo a la línea de costa y son el resultado de dos tipos de agua (la del mar y la de los ríos). En México se tiene un registro de 124 lagunas costeras (Contreras, 1983) la mayoría de ellas están rodeadas de bosques de manglar y extensiones de popales, tulares y asociaciones vegetales similares, lo que incrementa su importancia en la diversidad de organismos (Portilla, 2005).

Para México, con sus 9,903 kilómetros de litoral, la zona costera reviste una singular importancia, ya que además de los recursos energéticos y minerales que posee, representa una fuente significativa de alimentos y

fármacos. En este marco, las organizaciones ambientalistas a nivel internacional recomiendan la protección y un manejo sustentable de estos ecosistemas (Gelin *et al.* 2006). Sin embargo, en la actualidad, las bahías, estuarios y lagunas costeras del país anclan serios problemas de contaminación, los cuales producen daños considerables a los organismos que los habitan (Vázquez y Páez, 1998).

Existen varias clases de contaminantes como el DDT, los PCBs y otros más que conjunto con los metales pesados son depositados a los océanos y mares, generalmente por medio de las sustancias y productos desechados por el hombre (Harte *et al.* 1991; Espinosa y Vanega, 2005). Los ríos constituyen una de las principales vías de transporte de metales a las zonas costeras, debido a la gran afinidad que tienen estos elementos para ser transportados en el material

suspendido (Guillen, 1982; Mogollón y Bifano, 1985; Zhang, 1992; Acosta *et al.* 2002). De esta manera, las costas con influencia de ríos constituyen uno de los ecosistemas más sensibles a ser afectados, ya que los metales, al entrar en contacto con la zona marina, sufren procesos que, junto con algunos factores ambientales permiten su acumulación en los sedimentos (Acosta *et al.* 2002).

En el estado de Veracruz, todas las lagunas están fuertemente impactadas por actividades humanas lo que ha provocado, entre otras cosas, el descenso de la pesca en muchos sitios (Portilla, 2005). Veracruz ocupa el 5 lugar a nivel nacional en actividad pesquera, sin embargo es el que ocupa el primer lugar en la pesca de especies ribereñas. Junto a Tamaulipas, Tabasco, Campeche y Yucatán conforman la segunda región más importante en actividad pesquera del país, aunque fundamentalmente de características ribereñas. El estado de Veracruz ha tenido fama por la actividad pesquera en sus litorales. Sin embargo, desde hace años las capturas han descendido dramáticamente, por la contaminación y/o por la sobrepesca de muchas especies de un elevado valor comercial como es el caso de *M. curema* o *C. undecimalis* (Portilla, 2005).

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).

Mugil curema representa un relevante papel, ya que por sus salidas y entradas a la laguna son grandes importadores y exportadores del ecosistema estuarino, por otra parte estudiar metales pesados en la lebrancha es de gran importancia por su abundancia y valor comercial además de que sirven de alimento a otros peces, aves acuáticas y al hombre (Calva-Monroy, 1985).

El interés de llevar a cabo un estudio sobre metales pesados en *M. curema*, radica en la demanda que tiene como producto para consumo y carnada en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. Por lo cual, estudios del impacto ambiental de la alteración previo a estas modificaciones del ambiente son indispensables para el conocimiento de la biodiversidad y plantear alternativas sobre el manejo adecuado de los recursos bióticos. Además, un plan de monitoreo continuo es necesario para verificar el estatus de los recursos con el paso del tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

En el Golfo de México, Veracruz cuenta con 745 km de litoral y con un total de 116,600 has cubiertas por ecosistemas litorales los cuales representan el 7.4% del total nacional. El Sistema lagunar "Laguna de Tampamachoco", se ubica entre los paralelos 20°58'15" a 21°05' de latitud norte y los meridianos 97°20'30" a 97°24' de longitud oeste. Tampamachoco, se ubica en la Región Huasteca, en la Llanura Costera del Golfo de México, en el estado de Veracruz, a ± 10 km al oeste de la ciudad y puerto de Tuxpan, a 3 horas de la ciudad y Puerto de Veracruz (INEGI, 2001).

Sitios de muestreo

En el mes de septiembre del 2008, se delimitaron los puntos de muestreo, éstos fueron determinados de la siguiente manera: 1) La mata, por ser la entrada a la boca de la laguna, es donde convergen el río Pantepec y el mar, del lado de enfrente se encuentra la zona urbana donde existen restaurantes a lo largo de la laguna, los cuales arrojan desechos orgánicos 2) Isla de los potreros sur, es una zona que no se encuentra alterada aparentemente, por los lados se encuentra mangle 3) CFE, este punto se escogió precisamente por la cercanía de la termoeléctrica y la influencia en cuanto a sus

desechos que pueda verter hacia la laguna 4) Pipiloya, tiene influencia mareal de los dos canales (el viejo y el nuevo) y la cercanía de la termoeléctrica. Se tomaron muestras de organismos de la especie (*M. curema*), a los cuales se les realizó un análisis previo para determinar los metales pesados presentes y en base a los resultados arrojados se determinó que los elementos a cuantificar fueron Hg, Ba y Cu en los tejidos de los organismos.

Muestreo de peces

Los muestreos se iniciaron a partir de enero del 2009 y se realizaron durante catorce meses finalizando en marzo del 2010. Estos muestreos se llevaron a cabo con el apoyo de una lancha de 6 metros de eslora, construida con fibra de vidrio, con un motor de 80 Hp. Con la ayuda de un GPS se ubicaron las coordenadas de las estaciones de muestreo. En cada una de las estaciones ya mencionadas, se colectaron los organismos de lebrancha (*M. curema*) por medio de pesca artesanal con la ayuda de los pescadores de la región. Las muestras de peces se colocaron en bolsas para su traslado al laboratorio.

Método para secar y digerir las muestras de pescado

Antes de procesar los organismos, se verificó su identificación ya que existen otras especies del género *Mugilidae* que habitan en la laguna. Posteriormente, se midió, peso y se lavó con agua desionizada a cada organismo. Se descamó el pescado con la ayuda de un bisturí esterilizado y se separan los tejidos (piel, hígado, branquias, y músculo). Se colocó cada tejido en una charola de plástico y se colocaron en un horno de secado a 55°C hasta obtener un peso constante. Cuando el proceso de secado estuvo completo, se molieron los tejidos por separado en un molino Winkley. Posteriormente los tejidos se sometieron a un proceso de digestión donde se pesaron 0.20g de la muestra y se le agregaron 20 ml de HNO₃

concentrado, utilizando un matraz Kjendahl de 100 ml, se filtraron con papel Whatman #40 para evitar impurezas que pudieran interferir en la lectura del equipo, se aforo en matraces de 50 o 100 ml. El análisis de los metales se determinó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994 (NOM, 1994), mediante la técnica de “Espectrofotometría de Absorción Atómica” usando un equipo de absorción atómica Marca GBC modelo HG3000. Los datos obtenidos se manejaron de acuerdo con la NOM-027-SSA1-1993 (NOM, 1993) vigente, la cual consiste en dar un rango limite de los metales pesados que puede contener el pescado. Si no es posible procesar los peces el mismo día de su colecta, se congelan en sus bolsas hasta que sean procesadas, de acuerdo con la NOM (1993).

Trabajo de gabinete

Una vez obtenido los resultados de las lecturas de los metales pesados en *M. curema*, se realizaron los análisis estadísticos. Se efectuó un análisis de varianza múltiple para conocer si existen diferencias significativas entre cada uno de los tejidos.

RESULTADOS

Metales pesados en M. curema

Para este estudio se trabajaron 14 organismos de la especie *M. curema* durante el año 2009 al 2010. Cabe mencionar que los datos presentaron una relación de confianza de aproximadamente el 90%, basado en el porcentaje de recuperación obtenido del material de referencia certificado, el cual se introdujo durante la lectura en el equipo.

Los peces tienen la capacidad de aclimatare a los metales pesados, cuando se exponen a cantidades crecientes de estos contaminantes (Addison, 1988; Botello *et al.* 2005). La tolerancia de diferentes especies está

determinada en gran medida por la tasa de absorción y acumulación en sus tejidos, lo cual puede volverlos tóxicos cuando estos rebasan los Límites Permitidos.

Bario (Ba): El Ba en el músculo de *M. curema* presentó la mayor concentración en el mes de julio con 25.77 mg/kg y la concentración más baja en febrero del 2009 con 0.47 mg/kg, en enero, marzo y mayo del 2009, el Ba no fue detectado. El valor promedio anual fue de 9.66 mg/kg. La concentración más alta en piel se presentó con 27.69 mg/kg en febrero de 2010 y la menor fue en el mes de febrero del 2009, con 1.47 mg/kg, tampoco fue detectado

este metal en los meses de enero y mayo del 2009. El valor anual promedio fue de 14,04 mg/kg. La concentración de Ba más alta en las branquias, se registró en junio con 71.86 mg/kg, y la menor concentración fue en mayo con 4.16 mg/kg, y al igual que en músculo y piel, el Ba, no fue detectado en el mes de enero de 200. El valor promedio anual fue de 43.26 mg/kg. Finalmente en el hígado la mayor concentración fue en el mes de junio con 15.81mg/kg y la menor fue en agosto de 2.22 mg/kg, no fue detectado el Ba en los meses de enero y mayo del 2009, y el valor promedio anual fue de 7.57 mg/kg (Fig. 1) (Cuadro 1).

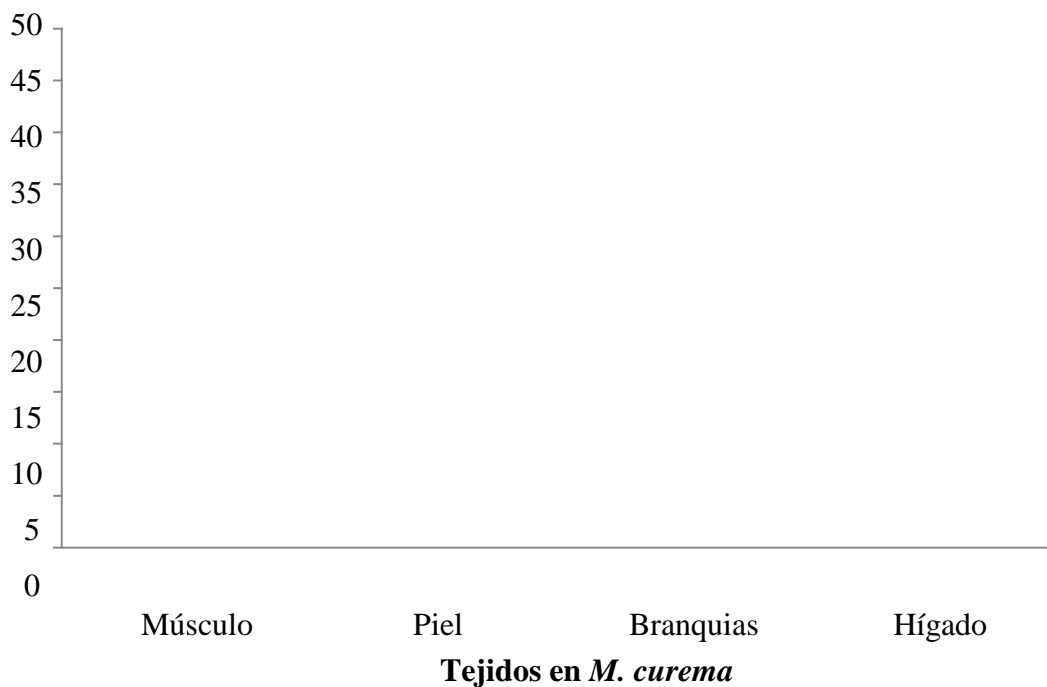


Figura 1. Concentraciones promedio de Ba en tejidos de *M. curema* de la Laguna de Tampamachoco.

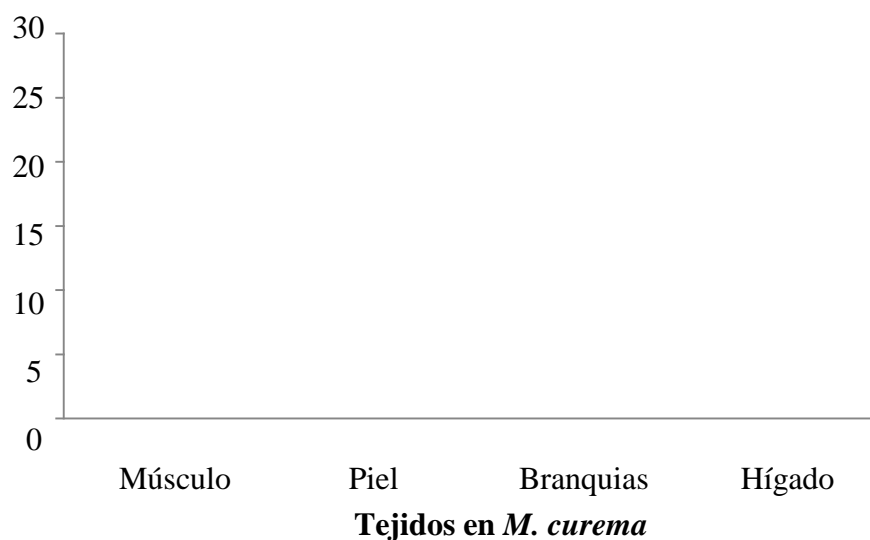
Cuadro 1. Concentración mensual de Ba, Cu y Hg (mg/kg) en diferentes tejidos de *M. curema*.

Metal	L.D. (mg/kg)	Músculo Máx. – Min.	Piel Máx. – Min.	Branquia Máx. – Min.	Hígado Máx. – Min.
Cu		24.058 -	26.020 -	56.395 -	48.937 -
	0.025	4.050	1.250	3.450	4.900
Promedio		3.331*	6.285*	10.119*	25.996*
Ba		25.772 -	27.697 -	71.867 -	15.810 -
	0.15	0.473	1.470	4.160	2.223
Promedio		9.663*	14.041*	43.261*	7.577*
Hg	0.0025	ALTO	N/D	N/D	ALTO

L.D. = Límite de Detección * Promedio N/D = No Detectado

Cobre (Cu): La concentración más alta de Cu en los meses de muestreo en el músculo de *M. curema* se presentó en enero del 2009 con 24.05 mg/kg y la más baja fue en octubre con 0.45 mg/kg. El valor promedio anual de este elemento fue de 3.33 mg/kg. En la piel la concentración más alta también fue en enero del 2009 con 26.02 mg/kg y la menor fue noviembre con 1.25 mg/kg. El valor promedio anual se registró de 6.28 mg/kg. La concentración más alta en las branquias fue

también en el mes de enero del 2009 con 56.39 mg/kg y la menor en octubre con 3.45 mg/kg, en abril se reportó un valor ALTO, con un valor promedio anual de 8.13 mg/kg. Con respecto al hígado la mayor concentración de Cu fue en septiembre con 48.93 mg/kg y la menor en enero con 4.90 mg/kg, en siete meses se reportó un valor ALTO con respecto a la sensibilidad del equipo para detectar el metal. El valor promedio anual fue de 25.99 mg/kg (Fig. 2) (Cuadro 1).

**Figura 2.** Concentraciones promedio de Cu en tejidos de *M. curema* de la Laguna de Tampamachoco.

Las Normas mexicanas aún no tienen establecido los límites permisibles del Cu en organismos acuáticos, por lo que se tomó como referencia los emitidos por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1983) establecida para moluscos y la cual maneja como Límite Permisible de 32 mg/kg, pudiéndose observar que en los valores promedio no se rebasó estos límites, pero en el hígado de los meses de septiembre y octubre sí fue rebasado, los cuales, presentaron valores por encima de los LMP emitidos por esta organización.

Mercurio (Hg): L.D = 0.0025; ND = No Detectado: Para el Hg en el músculo en los meses de enero, febrero, marzo del 2009 no fue detectado (ND), mientras que en el resto de los meses se presentó ALTO. Para piel no se detectó en los meses de enero, febrero, marzo, julio a noviembre de 2009 y enero del 2010, y en los meses de mayo a julio del 2009 se detectó ALTO, al igual que en febrero del 2010. Para las branquias en todos los meses de enero a diciembre del 2009 y enero y febrero del 2010 se presentó como (ND), y finalmente en el hígado no se detectó de enero a marzo y agosto del 2009, mientras que en los meses restantes de ese mismo año y parte del 2010 resultaron como ALTO (Cuadro 1).

DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados obtenidos de los metales pesados estudiados en los tejidos de *M. curema* de la laguna de Tampamachoco podemos mencionar lo siguiente que el Bario (Ba) presentó valores muy altos de concentración, en los organismos de la Laguna, la Normatividad Mexicana hasta el momento no ha establecido los Límites Máximos Permisibles para este elemento en organismos acuáticos y tampoco existen trabajos donde se haya investigado dicho elemento, para poder comparar con los resultados obtenidos.

Cobre (Cu): En cuanto al Cobre en los tejidos de *M. curema* para este estudio fueron de 3.331 mg/kg en promedio para el músculo, 6.285 mg/kg para piel, 10.119 mg/kg en branquias y 25.996 mg/kg para hígado, como se puede observar este último tejido fue el más alto de todos los analizados, sin embargo es una de las partes que no son consumidas por el ser humano como es el músculo el cual fue el más bajo. Comparando este trabajo con el de Izaguirre *et al.* (1992) quién menciona que el nivel de Cu en el tejido comestible de *M. curema* (músculo), analizado 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, estos no rebasan los límites establecidos por la Legislación Internacional de Salud Pública. Es importante mencionar que en el presente trabajo algunos de los resultados obtenidos fueron altos para el Límite de detección que establece el equipo y que a un no se cuenta con una Normatividad Mexicana que establezca los Límites de detección para este elemento en tejidos de organismos acuáticos. Así mismo se puede observar que los resultados de Izaguirre fueron más altos en comparación a este trabajo.

Sin embargo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 1983) establece que el Límite de detección en Cobre para bivalvos es de 32 mg/kg, en este estudio el músculo que es el tejido que más se utiliza para consumo humano no rebasó este límite establecido.

Mercurio (Hg): En relación con el contenido de mercurio se puede mencionar que tiene tendencia a acumularse a través del tiempo, tanto en los sedimentos como en los tejidos de los organismos. Se presentaron valores más altos a los límites de detección del equipo y en algunos meses no se detectó presencia alguna del metal. Este elemento tiene un comportamiento complejo en la absorción

del organismo, puesto que éste depende del ataque bacteriano, fijación en plantas y algas marinas para finalmente ser consumido. De acuerdo con Fagerstrom y Larsson (1973), la acumulación de mercurio y más específicamente del metilmercurio en las cadenas alimentarias de los ecosistemas acuáticos es un proceso que se da en tres pasos. El primer paso es la acumulación por la fauna del bentos que está en contacto más directo con las capas activas de sedimento en las que se forma el metilmercurio. A la acumulación en el bentos le sigue la acumulación en el plancton y en las especies herbívoras. Finalmente se da la acumulación en las especies carnívoras, principalmente piscívoras. Sin embargo, en la cadena alimentaria el proceso fundamental para la acumulación de mercurio, es la filtración por las membranas branquiales, absorción y acumulación del metilmercurio en organismos acuáticos como peces y moluscos bivalvos.

Los valores obtenidos tanto en los diferentes sitios de muestreo de este estudio como en los diferentes tejidos de los organismos analizados, son de lo más contrastante y no muestran correlación explicable alguna, como ya se mencionó anteriormente, durante los meses de enero y febrero no se detectó Hg en ninguno de los sitios de muestreo, tampoco se encontraron restos de este metal en los diferentes tejidos de *M. curema*, siendo esto el único resultado congruente, pues para el resto de los meses, en las diferentes localidades muestreadas los valores de este metal sobrepasaron la sensibilidad del equipo (1.6 mg/kg), incluso para los mismos meses del siguiente año, reflejó ausencia de este metal en esa temporada. Por otra parte, las mediciones de los valores en algunos tejidos, como es el caso de las branquias, en ningún mes de estudio se detectó la presencia del metal aún y cuando durante esos mismos meses, en todas las locaciones, el valor encontrado fue tan ALTO, que rebasó la sensibilidad de detección del equipo.

LITERATURA CITADA

- Acosta, V., Lodeiros, C., Senior, W. y Martínez, G. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 27(12): 686-690. <https://doi.org/10.31219/osf.io/a8vvp>
- Addison, R. F. 1988. Biochemical effects of a pollutant gradient. Introduction. *Marine Ecology Progress Series*, 46: 31-32. <https://doi.org/10.3354/meps046031>
- Botello, A., Rendón Von Osten, J., Gold-Bouchet, G. y Agraz-Hernández, C. 2005. Golfo de México: Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Ed.: 2 Publicado por Univ. J. Autónoma de Tabasco, 2005 ISBN 9685722374, 9789685722377. 695 p.
- Calva, M. 1985. Parasitismo por Acanthocefalos y su relación con algunas características biológicas de *Mugil curema* en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. Tesis Profesional. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas. Tuxpan, Veracruz, México. 36 p. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2018.73.09>
- Contreras, F. 1983. Biótica, variación en la hidrología y concentraciones de nutrientes del área estuarino-lagunar de Tuxpan, Veracruz. México. pp. 201-213.
- Espinosa, S. y Vanegas, C. 2005. Ecofisiología y contaminación. 53-78 pp. Botello, A., J. Rendón., V. Osten., G. Gold., Bouchat., C. Agraz y Hernández. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental; Diagnóstico y tendencias, 2^{da} edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad nacional de México, Instituto nacional de Ecología. <https://doi.org/10.20937/atm.2018.31.04.01>
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in

- fish and fishery products. FIRI/C764, Rome, FAO. pp. 10-100.
- Guillen, R. 1982. Análisis químico de los elementos: Cu, Cr, Pb, Zn, Cd, Ni, Fe, Co, As, Hg y carbonato orgánico en los sedimentos del Río Tuy. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 73 p.
<https://doi.org/10.24265/kiru.2017.v14n2.08>
- Hartem J., Holden, C., Scheneider, R. y Shirey C. 1991. Toxics A to Z. A guide to everyday pollution hazards. University of California Press.
- INEGI, 2001. Cuaderno estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz e Instituto Nacional de Estadística e Informática, México. 180 p.
- Izaguirre, F. G., Páez, O. F. y Osuna, L. J. I. 1992. Metales pesados en peces del Valle de Culiacan, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas*, 18(3): 143-151.
<https://doi.org/10.7773/cm.v18i3.898>
- Jensen, A. y Cheng, Z. 1987. Statistical analysis of trend monitoring data of heavy metals in flounder (*Pluticl~rltys flesrrs*). *Mar. Pollut.*, 5: 230-238.
- Mogollón, J. y Bifano, C. 1985. Estudio geoquímico de contaminación por metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. Memorias VI Congreso Geológico Venezolano, Venezuela. 1928 p.
- NOM-027-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. Secretaría de Salud. Diario Oficial.
- NOM-029-SSA1-1993. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Productos de pesca. Crustáceos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Fierro, Zinc y Mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. Secretaría de Salud. Diario Oficial.
<https://doi.org/10.15517/isucr.v15i30.14871>
- 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.
[https://doi.org/10.1016/0013-9327\(77\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0013-9327(77)90047-7)
- Phillips, D. J. H. y Segar, D. A. 1986. Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants, programme designimperatives. *Mar. Pollut. Bull.*, 17: 10-17.
[https://doi.org/10.1016/0025-326x\(86\)90797-6](https://doi.org/10.1016/0025-326x(86)90797-6)
- Portilla- Ochoa, E. 2005. Lagunas Costeras de Veracruz. Primer encuentro de experiencias de manejo colectivo de los recursos costeros. Parque Nacional Lagunas de Chacahua. Puerto Escondido, Oaxaca. 47 p.
<https://doi.org/10.14350/rig.59106>
- Vázquez-Botello, A. y Calva-Benítez, L. G. 1998. Evaluación geoquímico ambiental y diagnosis de la zona costera de Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco. Laboratorio de Contaminación Marina del Instituto de Ciencias del mar y Limnología de la UNAM. 3 p.
<https://doi.org/10.22201/ib.9786073020305e.2019.c11>
- Zhang, J., Huang, W., Lin, S., Liu, M., Yu, Q. y Wang, H. 1992. Transport of particulate heavy metal towers the China Sea: A preliminary study and comparison. *Mar chem.*, 40: 61-178.
[https://doi.org/10.1016/0304-4203\(92\)90021-2](https://doi.org/10.1016/0304-4203(92)90021-2)

Copyright (c) 2014 María Alejandra López Jiménez, Griselda Pulido Flores, Arturo Serrano Solís, Marisela López Ortega y Laura Vázquez Castán



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)