
Niveles de Metales pesados en especies marinas: Ostión (*Crassostrea virginica*), Jaiba (*Callinectes sapidus*) y Camarón (*Litopenaeus setiferus*), de Ciudad del Carmen, Campeche, México.

C.A Aguilar-Ucán *, C. Montalvo-Romero, J.G Cerón-Bretón y F. Anguebes-Fransesch

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ciencias Químicas, Avenida 56 No. 4 x Avenida Concordia, C.P 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México

Levels of heavy metals in marine species: Oyster (Crassostrea virginica), Crab (Callinectes sapidus) and Shrimp (Litopenaeus setiferus) of Ciudad del Carmen, Campeche, Mexico.

Abstract

Cadmium (Cd), Iron (Fe), Copper (Cu), Lead (Pb) and Zinc (Zn), were analyzed in three seafood species (Oyster: *Crassostrea virginica*, Crab: *Callinectes sapidus* and Shrimp: *Litopenaeus setiferus*), representing three of the most important traditional fishery in the coastal lagoon state of Campeche, a portion of their catch is consumed locally, and are also exported to different parts of the country, mainly shrimp. The whole tissue (muscle) of the organisms was processed under the criteria of the NOM-117 in acid digestion with HNO₃ and analyzed with Flame Atomic Absorption. The results show that both the oyster and crab are the foods that have high levels of Cd, Fe, Cu and Pb compared with shrimp ($p < 0.05$). All levels found are within the limits established by the Mexican Official Standards for fishery products, so do not represent a risk to human consumption. Certain metals showed a significant correlations in the tissues analyzed for the case of the crab Cd, Pb and Zn are interrelated significantly ($p < 0.05$), likewise for the oyster a significant correlation was found between Fe and Cu ($p < 0.05$). These results suggest, that crabs and oysters are more susceptible to contamination by their eating habits and habitats where they thrive.

Key words: Sea food, heavy metals, pollution.

Resumen

Se analizaron los niveles de metales pesados cadmio (Cd), hierro (Fe), Cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc, (Zn) en tres especies marinas (Ostión: *Crassostrea virginica*, Jaiba: *Callinectes sapidus* y Camarón: *Litopenaeus setiferus*), que representan tres de los productos más importantes en la pesquería tradicional de la laguna de Término en el estado de Campeche, una parte de sus capturas son consumidas localmente, y también exportadas a diferentes localidades del país; principalmente el camarón. El tejido completo (músculo) de los organismos, se procesó bajo los criterios de la NOM-117, en una digestión ácida con HNO₃ y analizadas con el equipo de Absorción Atómica de Flama. Los resultados muestran que tanto el ostión como la jaiba son alimentos que presentan altos niveles de Cd, Fe, Cu y Pb en comparación con el camarón ($p < 0.05$). Todos los niveles detectados se encuentran dentro de los límites que establecen las Normas Oficiales Mexicanas para productos de la pesca, por lo que no representan un riesgo para el consumo humano. Ciertos metales presentaron correlaciones significativas en los tejidos analizados, para el caso de la jaiba el Cd, Pb y Zn se relacionan entre sí de forma significativa ($p < 0.05$), así mismo para el ostión se presentó una correlación significativa entre Fe y Cu ($p < 0.05$). Estos resultados sugieren; que la jaiba y ostión por sus hábitos

*Autores de correspondencia
Email: caguilar@pampano.unacar.mx

alimenticios y el hábitat donde se desarrollan son más susceptibles a la contaminación.

Palabras clave: alimentos marinos, metales pesados, contaminación.

Introducción

Actualmente los ecosistemas costeros son expuestos a una gran carga de contaminantes que provienen de las actividades industriales y urbanas; esta problemática se debe a que se vierten importantes cantidades de desechos que generalmente no tiene algún tratamiento, lo que contribuye a incrementar la concentración de ciertos contaminantes (Cuong *et al.*, 2005; Vane *et al.*, 2009). Algunos de estos contaminantes; como los metales pesados son de especial interés, debido que presentan una alta persistencia, son tóxicos y tienen la capacidad de bioacumularse en los organismos expuestos (Shi y Wang., 2004); de esta forma pueden estar presentes a lo largo de la cadena trófica e incluso alcanzar al hombre.

Entre los metales pesados, se considera al Cadmio (Cd); parte de este elemento se genera como un desecho de los procesos industriales de la producción de fertilizantes y de otros procesos industriales, no hay fuentes naturales que generen y liberen cadmio al medio ambiente, la contaminación por este elemento es antrópica. El Cd no tiene funciones bioquímicas o nutricionales, es altamente tóxico para plantas y animales (Belimov y Ontzeas 2005). La “Agencia Internacional para Investigación del Cáncer” al igual que el “Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos” incluye al Cd y a sus compuestos como cancerígenos (IARC, 1998). Con respecto a la toxicidad del Cd se ha reportado que ciertas especies de microorganismos son muy sensibles a este metal con una inhibición del crecimiento observada en concentraciones bajas (Bhakta *et al.*, 2012).

El Cu es otro elemento considerado tóxico a altas concentraciones, sin embargo muchas especies marinas lo contienen y forma parte de sus requerimientos metabólicos en especial peces y ostiones, suele presentarse en los alimentos en concentraciones superiores a los requerimientos normales de los organismos; debido a la contaminación por aguas o tierras ricas en Cu desechos de abonos y pesticidas (Chen *et al.*, 2008). El Pb puede estar en el ambiente en forma

particulada o formando compuestos; como resultado de las actividades humanas, la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos. Es una amenaza potencial para la vida acuática y la salud humana (Gil *et al.*, 2006).

Algunos elementos como el Cu, Fe y Zn son esenciales en el metabolismo de los seres vivos, los cuales son requeridos por los sistemas biológicos como componentes estructurales y catalíticos de proteínas y enzimas, así como factores esenciales para el crecimiento y el desarrollo normal de los organismos, debido a que la asimilación forma complejos con sustancias orgánicas, los metales ingeridos no son fácilmente excretados favoreciendo el proceso de la bio-acumulación (Boada *et al.*, 2007).

Durante el transporte de los metales pesados hacia el mar, éstos sufren diferentes transformaciones físicas y químicas: procesos de precipitación desde la columna de agua, sedimentación y adsorción en los sedimentos que los hace ser disponibles para las formas de vida (Aguilar *et al.*, 2012), produciendo severos daños cuando son ingeridos en concentraciones mayores a los límites de tolerancia de los organismos.

El problema de la contaminación de los alimentos por metales pesados puede ser de diferentes fuentes: por la contaminación en el medio al cual el organismo está expuesto o durante la recolección, transporte, manipulación, envasado o cocinado de productos de origen vegetal o animal. En este sentido, la Legislación Mexicana establece límites para ciertos metales pesados para productos de la pesca, ya que los efectos potenciales sobre la salud humana son bien conocidos (Arjon *et al.*, 2013; Taghipour *et al.*, 2013).

Antecedentes de la zona de estudio y su problemática

La Laguna de Términos localizada en el Golfo de México; es uno de los ecosistemas más estudiados, debido a su importancia como sitio de anidación de numerosas especies de flora y fauna así mismo cuenta con un área de 705,016 hectáreas, lo que la convierte en una de las Áreas Naturales Protegidas más grandes de México desde el año de 1994

(INE/SEMARNAP, 1994).

El norte de la plataforma continental de la laguna es altamente productiva en la extracción de petróleo, y se ha demostrado que puede ser una fuente de contaminantes (hidrocarburos, metales pesados) para el ecosistema (Noreña *et al.*, 1999); además los ríos (Palizada, Chumpan y Candelaria), que desembocan en la laguna en la parte sur son una fuente de productos agroquímicos y otros contaminantes.

La industria de extracción de petróleo que se desarrolla en esta zona, produce emisiones de numerosos contaminantes hacia el aire, agua y suelo; entre ellos el níquel, cromo, plomo y cadmio (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes RETC/SEMARNAP, 2008).

Debido las características de la zona, es importante monitorear las concentraciones de metales, para establecer áreas de cultivo y criterios adecuados para la explotación de un recurso tan importante.

Materiales y método

Muestreo.

Actualmente en la Laguna de Términos (Figura 1)

se explotan 25 bancos ostrícolas. Los ostiones utilizados en este estudio provienen principalmente de Estero Pago y Boca de Atasta. El Camarón proviene de la pesca de arrastre en profundidades menores de las 5 brazas en el área natural protegida de la Laguna de Términos. La jaiba proviene principalmente de los campamentos jaiberos, ubicados en las desembocaduras del Río Palizada a la Laguna de Términos. Todos los organismos fueron donados por las cooperativas de pescadores, de cada especie se obtuvieron 60 organismos de talla comercial.

Preparación del material

Para la realización de los análisis; todo el material de vidrio utilizado en el tratamiento de las muestras fue lavado en solución de HNO₃ (J.T Baker) al 10%, en esta solución el material permaneció por 24 horas, finalmente se le dio un lavado con agua desionizada y un secado a 70°C.

Digestión de muestras

Se empleó un tipo de muestra compuesta para lo cual a los organismos de cada especie se les extrajo la parte comestible, los tejidos se homogenizaron

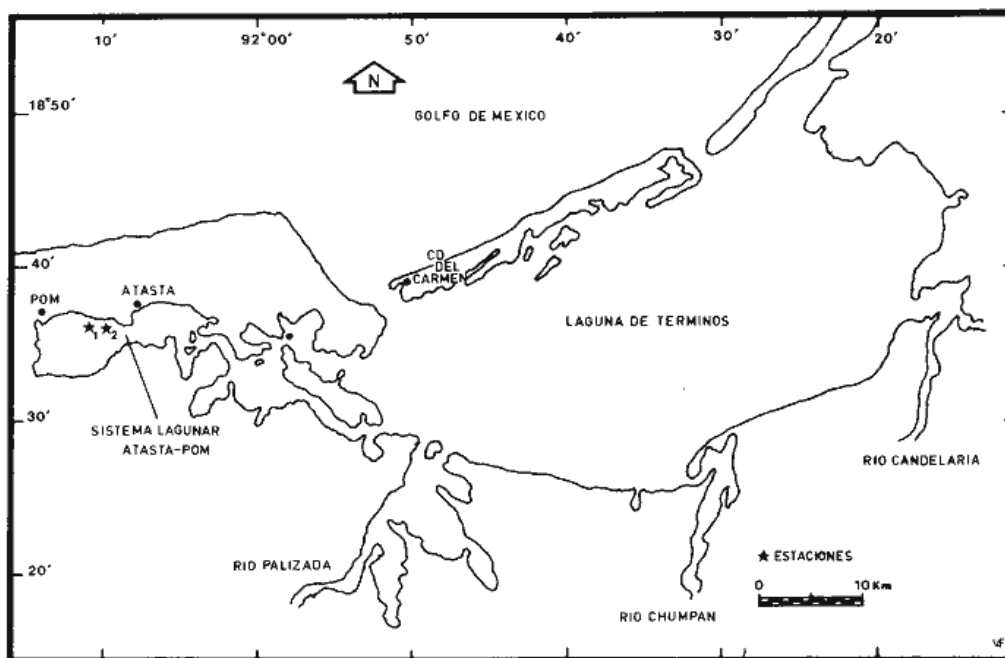


Figura 1. Laguna de Términos, Campeche, México.

con un procesador de alimentos y se tomó una muestra final de (20±0.001 g), los tejidos homogenizados se trataron húmedos por triplicado acorde a la metodología sugerida en la “Norma Oficial Mexicana” (NOM-117-SSA1-1994), para análisis de alimentos.

La digestión se llevó a cabo adicionando 10 mL de HNO₃ a los tejidos y se colocaron sobre una parrilla de calentamiento a una temperatura controlada, después de la destrucción total de la materia orgánica se adicionó a cada muestra 2 ml de H₂O₂ en solución al 30%, concentrando las mismas hasta un volumen de 1 ml, finalmente el concentrado se filtró mediante papel Filtro Whatman No. 32, aforando hasta un volumen final de 20 ml para su posterior análisis.

Análisis de metales pesados

Todas las muestras se analizaron en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca AVANTA GBC-A4509, instalado en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Autónoma del Carmen, usando para ello soluciones patrón a diferentes concentraciones de calidad analítica reconocida (J.T Baker). Las soluciones se prepararon de acuerdo a los rangos de trabajo de operación del equipo (Tabla 1)

Análisis Estadístico

Todos los datos se evaluaron para determinar si estos cumplían con el criterio de la normalidad mediante la aplicación de la prueba de Shapiro Wilks (El test de Shapiro-Wilk se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos. Se plantea como hipótesis nula que una muestra x_1, \dots, x_n proviene de una población normalmente distribuida. Fue publicado en 1965 por Samuel Shapiro y Martín Wilk), usando el paquete estadístico Statgraphics 3.1; con un nivel de confianza del 95% lo que confirmó la normalidad de los datos experimentales.

Para determinar las diferencias por especies respecto a sus niveles de metales pesados se aplicó una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA), finalmente se aplicó una correlación de Pearson del tipo metal-metal en cada grupo de organismo estudiado. No se consideraron dentro del análisis estadístico los valores del plomo para *Litopenaeus setiferus* debido a que los niveles resultaron inferiores al límite de detección del equipo y del método utilizado.

Resultados y discusión

Los resultados de la tabla 2, muestran que la jaiba (*Callinectes sapidus*) presentó los niveles máximos

Tabla 1. Condiciones de operación y detección de los elementos inorgánicos estudiados *

Metal	Longitud de onda (nm)	Intervalo de Detección (µg L ⁻¹)
Cadmio	228.0	0.01 -1.80
Fierro	386.0	5.00 -145
Cobre	222.0	0.10 -180
Plomo	217.0	0.01 - 5.0
Zinc	213.0	0.10 -1.50

* Tomado del Manual de operación del equipo AVANTA GBC-A4509

Tabla 2. Rangos de concentración de los metales pesados determinados en µg g⁻¹ ()**

Especie analizada	Metales pesados				
	Cd	Fe	Cu	Pb	Zn
Ostión	0.020-0.038	59.622 – 95.168	43.320– 56.630	0.0493 -0.1347	0.5656 – 0.1347
Media	0.0295	77.581	51.574	0.14457	0.6030
Desviación estándar	0.0078	9.220	5.622	0.09702	0.02396
Jaiba	0.004-0.069	0.627 - 0.794	34.680 – 57.800	0.2644 - 0.4253	0.5935 - 0.646
Media	0.0572	0.710	49.076	0.34284	0.61388
Desviación estándar	0.0089	0.0555	6.565	0.05314	0.02287
Camarón	*ND-0.015	0.103 – 0.197	41.620 -58.470	ND	0.3698 -0.4846
Media	ND	0.423	47.430	ND	0.512052
Desviación estándar	ND	0.0289	5.002	ND	0.038131

*ND: significa no detectado o que el límite de detección esta fuera de las condiciones de operación del equipo

de Cd ($0.0687 \mu\text{g g}^{-1}$), el rango de valores fue de 0.0398 a $0.0687 \mu\text{g g}^{-1}$ sin embargo no superó los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas: NOM-029 (SSA, 1993) que estipulan un máximo de $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$ para crustáceos marinos frescos o refrigerados, en este sentido la jaiba que se consume en la localidad, no representa un riesgo para el consumo. Aunque el cadmio es un metal no indispensable en el metabolismo de los seres vivos y su presencia en el medio costero está directamente relacionada a los lavados de suelos agrícolas, desechos municipales y lodos de plantas de tratamiento (González et al., (2006), en el medio marino queda biodisponible para las diferentes formas de vida y puede conducir a un problema de contaminación, de esta forma los niveles de Cd reflejan la presencia de contaminantes en las zonas donde se captura la jaiba y que pueden estar expuestas a las descargas de aguas residuales. Los hábitos alimenticios y el medio en donde se desarrolla este crustáceo lo hace susceptible de estar expuesto a la contaminación, como han reportado los estudios de Heidarieh et al., (2013) en diferentes especies de jaiba. En estudios realizados en el Golfo de México (Villanueva y Botello., 2005); las especies *Callinectes sapidus*, *Callinectes rathbornae* y *Callinectes similis* mostraron concentraciones de 2.50 , 0.71 y $7.86 \mu\text{g g}^{-1}$ respectivamente, superando los máximos permisibles por la legislación mexicana.

Para el ostión *Crassostrea virginica*, los niveles detectados de Cd (0.020 a $0.038 \mu\text{g g}^{-1}$) no superan las normas mexicanas NOM-031(SSA-1993), en otros estudios se han determinado concentraciones de Cd de $2.05 \mu\text{g g}^{-1}$ (Apeti et al., 2005), y de hasta ocho veces por encima de lo permitido en moluscos de Sonora. (García et al., 2005), en estudios recientes Aguilar et al., (2012) determinaron concentraciones de hasta $4.30 \mu\text{g g}^{-1}$ para *Crassostrea virginica* en la Laguna de Términos.

Para el camarón los niveles de Cd están por debajo de $0.015 \mu\text{g g}^{-1}$, en otros estudios se han determinado concentraciones de 0.001 a $0.009 \mu\text{g g}^{-1}$ en el camarón café en lagunas de Veracruz, México (Palomarez et al., 2009), esta especie ha sido poco estudiada, sin embargo se han demostrado efectos adversos en diferentes especies de camarón, principalmente en la etapa de los juveniles (Villanueva y Botello., 2005); normalmente el Cd se encuentra en bajas concentraciones en el músculo de los crustáceos decápodos y en niveles superiores

en el hepatopáncreas; esto se debe a que este es el órgano de almacenamiento y desintoxicación de metales pesados (Kargin et al., 2001)

Por otro lado, en la tabla 2 se observa que los niveles más altos de plomo (Pb) se detectaron en la jaiba con $0.4253 \mu\text{g g}^{-1}$ con una media de $0.343 \mu\text{g g}^{-1}$ y un rango de 0.2644 a $0.4253 \mu\text{g g}^{-1}$ aunque estos niveles no representan un riesgo para el consumo, ya que las Normas Oficiales Mexicanas (NOM 027, NOM 029, NOM 031 y NOM 028) para estos, señalan que el límite máximo permisible es de $1.0 \mu\text{g g}^{-1}$. En estudios anteriores (Villanueva y Botello., 2005), en el Golfo de México, se han reportado niveles altos de plomo para la jaiba (*Callinectes rathbornae*) con $12.13 \mu\text{g g}^{-1}$ y para la jaiba azul (*Callinectes similis*) un valor de $0.37 \mu\text{g g}^{-1}$; valor cercano al obtenido en este estudio. En el estudio mencionado anteriormente también se reportaron valores máximos de plomo para otras especies, como la mojarra prieta (*Cichlasoma friedrichsthalii*) con $15.68 \mu\text{g g}^{-1}$ y el sábalo (*Megalops atlanticus*) con $10.06 \mu\text{g g}^{-1}$, lo que hace evidente el efecto antrópico de la contaminación de las aguas naturales por plomo. Villanueva y Botello (2005); confirman que el Pb es de los elementos más dañinos para un ecosistema acuático y suele bioacumularse en los tejidos de los organismos expuestos. Los efectos sobre la salud de los crustáceos y moluscos se han presentado aun cuando estos están expuestos a concentraciones mínimas (Avila et al., 1993).

En cuanto a los niveles de Pb (0.0493 a $0.137 \mu\text{g g}^{-1}$); en el ostión; (Tabla 2), estos se encuentran por debajo de las especificaciones de las legislaciones mexicanas NOM-031(SSA., 1993) en estudios recientes para esta especie, se han determinado valores máximos de plomo de hasta $0.78 \mu\text{g g}^{-1}$ en la laguna Tamiahuala en el estado de Veracruz (Lango et al., 2010). Para el camarón en este estudio, no se encontró niveles de Pb.

En el presente estudio el ostión *Crassostrea virginica* (Tabla 2) mostró niveles máximos de Fe y un rango de valores de 59.622 a $95.168 \mu\text{g g}^{-1}$. Niveles máximos de Cu de $56 \mu\text{g g}^{-1}$ con un rango de valores de 43.320 a $56.630 \mu\text{g g}^{-1}$ concentraciones que son superiores a los determinados en la jaiba y camarón, lo que demuestra su alta capacidad para asimilar los elementos inorgánicos y su afinidad a los iones metálicos. Los hábitos alimenticios del ostión (bivalvo filtrador), su capacidad para sobrevivir en la zona intermareal donde están

sujetos a frecuentes periodos de desecación, resistencia a los cambios de salinidad, temperatura y capacidad para soportar fuertes cargas de sedimentos (Almeida *et al.*, 2003). Así como su tolerancia y adaptabilidad, los han situado como los organismos preferidos en el biomonitorio de la presencia de contaminantes en zonas costeras como lo reporta Aguilar *et al.*, (2012).

En estudios anteriores Páez *et al.*, (1988) reportaron concentraciones de Fe de hasta $202 \mu\text{g g}^{-1}$ para el ostión *Crassostrea corteziensis* en la zona costera de Mazatlán. Por otro lado los estudios de Avila *et al.*, (1993), reportaron concentraciones de $874 \mu\text{g g}^{-1}$ para *Crassostrea virginica* del Canal el "Chijol" de Veracruz. Así mismo los estudios de Villanueva *et al.*, (1988), detectaron niveles de $100 \mu\text{g g}^{-1}$ para *Crassostrea virginica* en la Laguna del ostión. En la Laguna de Términos; los estudios de Vázquez *et al.*, (1995), determinaron concentraciones de hasta de $64.1 \mu\text{g g}^{-1}$ de Fe para esta especie. La legislación mexicana no considera a este metal como un contaminante, por lo que no existen límites máximos para su comparación.

El camarón; presentó todos los niveles más bajos de metales pesados comparados con las otras especies estudiadas a excepción del Cu cuyos niveles máximos fueron de $58.47 \mu\text{g g}^{-1}$, superando a los reportados para el ostión y la jaiba; estos resultados son comparables a lo reportado por otros estudios (Boada *et al.*, 2007; Frías *et al.*, 2009), los cuales demostraron la alta tendencia del Cobre a bioacumularse en el hepatopáncreas de diferentes especies de camarón, ya que en los crustáceos decapados (por poseer 10 pares de patas), el Cu forma parte del pigmento respiratorio. De esta manera son capaces de mantener niveles constantes de Cu, mediante regulación iónica en sus tejidos. En otros estudios (Palomarez *et al.*, 2009), demostraron que el camarón tiene concentraciones de Cu similares con organismos que proceden de áreas no influenciadas por este metal. Las altas concentraciones de Cu y Zn en el camarón puede deberse a que este es un metal esencial del metabolismo de los crustáceos, que depende de los niveles en los sedimentos y la tasa de captura y desintoxicación propia de la especie (Kargin *et al.*, 2001).

Recientemente Aguilar *et al.*, (2012), reportan altos niveles de Cu ($231 \mu\text{g g}^{-1}$) en ostiones de la Laguna de Términos, de los principales bancos ostrícolas

con un deterioro considerable en los parámetros del índice de condición. La sobreexplotación de las poblaciones ostrícolas de la costa mexicana del Golfo de México ha sido sugerida con anterioridad (Villanueva y Botello, 2005). Y puede ser el factor en el deterioro de las poblaciones ostrícolas.

En la figura 2, se muestra el perfil de distribución de los metales pesados; se muestran 10 valores que corresponden a valores promedio para cada especie ($n=60$). Para el ostión la concentración sigue la tendencia del Fe>Cu>Zn>Pb>Cd; así mismo en el caso de la jaiba el Cu>Fe>Zn>Pb>Cd y para el camarón el Cu>Zn>Fe>Cd>Pb. En estudios recientes Heidarieh *et al.*, (2013) determinaron la tendencia de concentración de metales pesados en la jaiba (*Portunus pelagicus*), siendo el Zn>Fe>As>Mn>Co, y para el camarón (*Penaeus semisulcatus*) la tendencia fue que el Fe>Zn>Mn>As>Co.

Elementos como el Pb y el Cd, son totalmente ajenos a los seres vivos y su presencia indica la exposición de los organismos a fuentes de contaminación antrópica. Comparando las tres especies estudiadas; el ostión y la jaiba presentaron las concentraciones más altas de metales pesados, situación que puede deberse a sus hábitos alimenticios y requerimientos metabólicos como lo señalan, los estudios realizados de Pourang *et al.* (2005), o al hábitat donde se desarrollan (lagunas costeras, esteros y zonas de mangle), zonas que los hacen más susceptibles de estar expuestos a diferentes contaminantes a diferencia del camarón, especie que se desarrolla en zonas litorales someras y se desplaza en el mar abierto lo que hace menos probable que pueda estar expuesto a niveles de contaminación.

El análisis de Varianza muestra que existe diferencia estadísticamente significativa entre especies, con respecto a sus niveles de metales determinados, para el Cd los valores fueron $p=0.000$, $F=168.41$; así mismo para el Fe los valores fueron de $p=0.001$ y $F=12.51$, para el Cu los valores fueron de $p=0.000$ y $F=1916.65$, para el Pb los valores fueron de $p=0.000$ y $F=141.80$, finalmente para el Zn los valores fueron de $p=0.000$ y $F=89.88$; estos resultados muestran que existe diferencia entre especies; lo que era de esperarse ya que los organismos estudiados presentan características de hábitos alimenticios y hábitat diferentes.

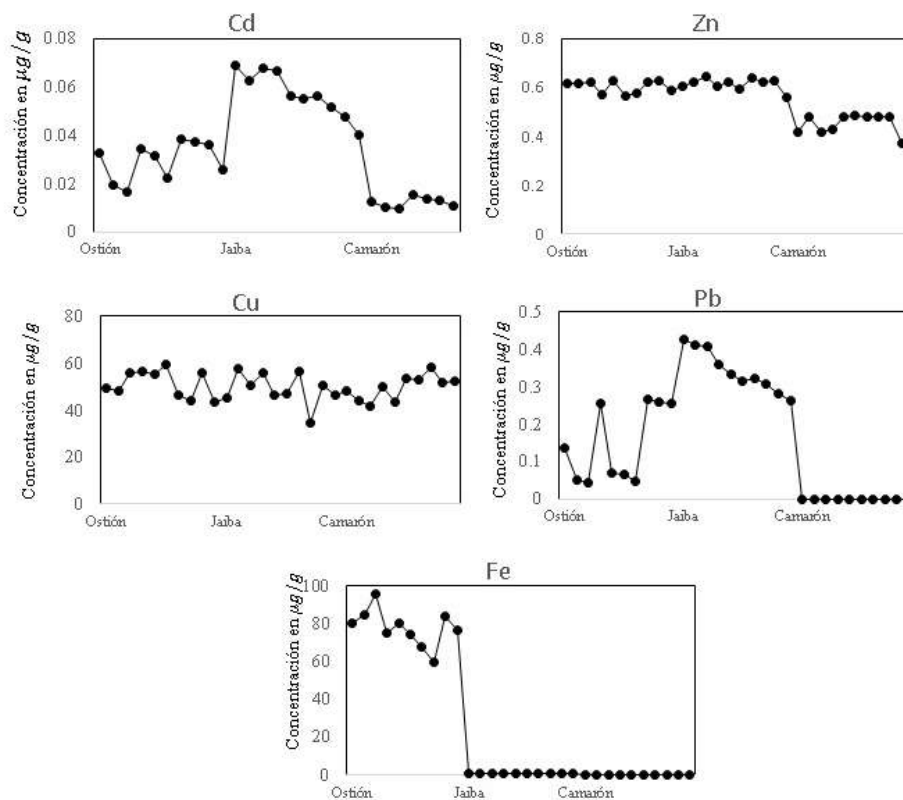


Fig. 2 Perfil de distribución de los metales pesados en el ostión, jaiba y camarón.

Cuando los contaminantes tienen fuentes de generación en común, suelen presentar valores de correlación significativa, en este sentido para la jaiba; se obtuvieron valores significativos entre sus niveles de Cd-Pb ($r=0.5035$) y el Cd-Fe ($r=0.655$); lo que puede sugerir que tuvieron una fuente de generación en común y que pudieron estar biodisponibles para los organismos del mismo medio. Otros estudios señalan que las altas concentraciones de Cd detectadas en los organismos analizados, se debe a las relaciones con los niveles detectados en el medio donde se desarrollan; para la jaiba que suele encontrarse en zonas de mangles dominados por macrofitas y altas cargas de materia orgánica; estos son factores que predisponen la presencia de contaminantes incluyendo a los metales pesados (Aguilar *et al.*, 2012). Así mismo para el ostión en este estudio se determinó una alta correlación entre el Fe-Zn, ($r=0.5620$) lo que puede sugerir que la fuentes de generación de ambos elementos pudo ser la misma.

Conclusiones

Los estudios para evaluar la contaminación en organismos, son muy importantes ya que permiten estimar el grado de afectación de una especie y sentar las bases para cambiar las políticas en materia de preservación de los recursos naturales, esta situación va de la mano con la prevención de la contaminación de las zonas donde se explotan los recursos pesqueros, algunas especies como las de ostión y jaiba son susceptibles de bioacumular en sus tejidos contaminantes como los metales pesados, esto se debe a sus hábitos alimenticios y también al hábitat donde se desarrollan. En las últimas décadas en otros países se han realizado programas intensivos de vigilancia para evaluar los niveles de contaminación de ecosistemas marinos utilizando organismos centinelas sin embargo en México; aunque existe un gran esfuerzo de la secretaría de salubridad para controlar la contaminación en ostiones, no existe un programa

de vigilancia permanente. En el presente estudio los niveles de Cd y Pb para el ostión y para la jaiba se encontraron dentro de los parámetros que establecen las legislaciones mexicanas, sin embargo para otros metales como el Cu, Fe y Zn no existen máximos permisibles para los productos de la pesca, existe la suficiente evidencia suficiente de que los organismos presentan altas concentraciones en sus tejidos de estos elementos desde la década de los 80 y actuales; pero aún no existe regulación alguna. En México se requiere que mediante pruebas estandarizadas y programas de vigilancia sean determinados los umbrales de estos metales y es recomendable la evaluación y seguimiento de las fuentes de metales para vincularlos con el área de captura de estas especies pesqueras comerciales y/o diseñar una estrategia de tratamiento para evitar en un grado mayor la contaminación.

Bibliografía

- Apeti D. A., Robinson L., Johnson E. 2005. Relationships between heavy metal concentrations in the American oyster (*Crassostrea virginica*) and metal levels in the water column and sediment in Apalachicola Bay, Florida. *Am. J. Environ. Sci.* 1 (3): 179-186.
- Aguilar C.A., Montalvo C., Rodríguez L.A., Ceron J.G., Ceron R.M. 2012. American oyster (*Crassostrea virginica*) and sediments as a coastal zone pollution monitor by heavy metals. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 9:579-586.
- Almeida E.A., Bainy, A.C., Medeiros M.H., Di-Masio P. 2003. Effects of trace metal and exposure to air on serotonin and dopamine levels in tissues of the mussel *Perna perna*. *Mar. Poll. Bull.* 46: 1485-1490.
- Arjon A., Olaniran A.O., Pillay, B. 2013. Co-contamination of water with chlorinated hydrocarbons and heavy metals: challenges and current bioremediation strategies. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10: 395-412.
- Avila P., Zarazua G. 1993. Concentración de metales pesados en ostiones (*Crassostrea virginica*, Gmelin), del canal el Chijol, Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 9(2): 53-64.
- Belimov A.A., Ontzas N. 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). *Soil. Biol. Biochem.* 37(2):241-250.
- Bhakta J.N., Munekage Y., Ohnishi K., Jana B.B. 2012. Isolation and identification of cadmium- and lead-resistant lactic acid bacteria for application as metal removing probiotic. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 9:433-440.
- Boada M., Moreno M., Gil H., Marcano J., Maza J. 2007. Metales pesados (Cu⁺², Cd⁺², Pb⁺², Zn⁺²) en músculo y cefalotórax de camarones silvestres *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis* de la Región oriental de Venezuela. *Rev. Cien.* 17(2): 186-192.
- Cuong D.T., Bayen S., Wurl O., Subramanian K., Shing K.K., Sibasoti N. Obard J.P., 2005. Heavy metal contamination in mangrove habitats of Singapore. *Mar. Poll. Bull.* 50: 1732-1738.
- Chen T., Lio X., Zhu M., Zhao K., Wu J. 2008. Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urban-rural transitional area of Hangzhou, China. *Environ. poll.* 151(1): 67-78.
- Frías M.B., Osuna I., Voltolina D., Beltrán M.A., Izaguirre G., López G., Muy M.D., Rubio W. 2009. The contents of Cd, Cu, Pb and Zn of the white shrimp *Litopenaeus setiferus* (Bone, 1931) of six coastal lagoons of Sinaloa, NW México. *Rev. Biol. Mar. Ocea.* 44(1): 197-201.
- García J., García L., Martín E., Barraza R., Hudson, A. 2005. Concentrations of heavy metals in sediment and organisms during a harmful algal bloom (HAB) at Kun Kaak Bay, Sonora, Mexico. *Mar. Poll. Bull.* 50 (7), 733-739.
- Gil M., Torres A., Harvey M., Esteves J.L. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Rev. Biol. Mar. Ocea*, 41(2) :167-176.
- González M.C., Méndez L., López D., Botello A.V. 2006. Evaluación de la contaminación en sedimentos del área portuaria y zona costera de Salina Cruz Oaxaca, México. *Interciencia*, 31: 647-656.
- Heidarieh, M., Maragheh M.G., Shamami M.A., Behgar M., Ziaei F., Akbari Z. 2013. Evaluate of heavy metal concentration in shrimp (*Penaeus semisulcatus*) and crab (*Portunus pelagicus*) with INAA method. *SpringerPlus*, 2(72): 1-5
- IARC. 1998. Chromium and cadmium and certain compound. In: IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Chemicals industrial processes and industries associated, vol. 1-29.
- INE. 1994. Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Dirección de Área Naturales Protegidas. Instituto Nacional de Ecología. Manuscrito. México.
- Kargin F. A., Dönmez, Cogun H.Y. 2001. distribution of heavy metal in different tissues of the shrimp *Penaeus semisulcatus* and *Metapenaeus monocerum* from the Iskenderum Gulf, Turkey: seasonal variation. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* 66:102-109
- Lango F., Landeros C., Castañeda M. 2010. Bioaccumulation of cadmium (Cd) Lead (Pb) and arsenic (As) in *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), from Tamiahua Lagoon System, Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 26 (3): 201-210
- NOM-117-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana, bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, por espectrometría de absorción atómica.
- NOM-027-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos y refrigerados. Especificaciones sanitarias.
- NOM-028-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados en conserva. Especificaciones sanitarias.
- NOM-029-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Crustáceos frescos refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- NOM-031-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos Frescos, refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- Noreña E., Gold G., Zapata O., Sericano J. 1999. Polynuclear aromatic hydrocarbon in American oysters (*Crassostrea virginica*) from the Terminos Lagoon, Campeche, México. *Mar Pollut. Bull.* 38:637-645
- Páez F., Izaguirre G., Godoy R.I., González F., Osuna, J.I. 1988. Metales pesados en cuatro especies de organismos

- filtradores de la región costera de Mazatlán: técnicas de extracción y niveles de concentración. *Contam. Ambient.* 4: 33-41.
- Palomarez J.M., Castañeda M. R., Lango F., Landeros C. 2009. Niveles de metales pesados en carmarón café *Farfantepenaeus aztecus* de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Rev. Invest. Mar.* 30(1): 63-69.
- Pourang N., Dennis J.H., Ghourchian H. 2005. Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their distribution during stage. *Environ. Monit. Asses.* 100: 71-88.
- Registro de Emisiones y transferencia de contaminantes RETC. 2008. SEMARNAT. <http://app1.semarnat.gob.mx/retc/index.html>
- Shapiro S. S. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52 (3-4): 591-611.
- Shi D., Wang W. 2004. Understanding the differences in Cd and Zn bioaccumulation and subcellular storage among different populations of marine Clams. *Environ. Sci. Technol.* 38: 449-456.
- Taghipour H., Mosaferi M., Armanfar F., Gaemmagami, S.J. 2013. Heavy metals pollution in the soils of suburban areas in big cities: a case study. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10:243-250
- Vane C.H., Harrison, I., Kim, A.W., Moss H.V., Vickers B.P., Hong K. 2009. Organic and metal contamination in surface mangrove sediments of south China. *Mar. Poll. Bull.* 58: 134-144.
- Vázquez F.G., Sharma V.K., Alexander V.H., Frausto, C.A. 1995. Metals in some lagoons of Mexico. *Environ. Health Persp.* 103: 33-34.
- Villanueva F.S., Botello A.V. 2005. Vigilancia y presencia de metales tóxicos en la Laguna el Yucateco, Tabasco, México, p. 407-430. In: Botello, A.V.; Rendón Von Osten, J.; Gold-Bouchot, G. y Agraz- Hernández, C. (Eds) Golfo de México contaminación e impacto Ambiental: Diagnóstico y tendencias, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Villanueva S., Botello A.V., Páez O.F. 1988. Evaluación de algunos metales pesados en organismos del río Coatzacoalcos y de la Laguna del Ostión, Veracruz, México. *Contaminación Ambiental.* 4: 19-31.