

## **Determinación de Cd, Pb y Zinc en el Ostión *Crassostrea virginica* de la Laguna El Carmen, Tabasco, México**

## **Determination of Cd, Pb and Zn in the oyster *Crassostrea virginica* from Carmen Lagoon, Tabasco, México**

## **Détermination de Cd, Pb et Zn dans l'Huître *Crassostrea virginica* de Carmen Lagoon, Tabasco, Mexique**

PERLA VARGAS-FALCÓN, NANCY BRITO-MANZANO\*, JULIO MIRAMONTES-FLORES,  
ARMANDO GÓMEZ-VÁZQUEZ y ALDENAMAR CRUZ HERNÁNDEZ

División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT),  
Km 25 carretera Villahermosa-Teapa. R/a La Huasteca 2ª. Sección. Villahermosa, Tabasco, C.P. 86280 México.

\*[nancy.brito@ujat.mx](mailto:nancy.brito@ujat.mx)

### **ABSTRACT**

Estuaries and coastal lagoons are complex ecosystems that are home for their unique characteristics to a large number of organisms of commercial and ecological importance and their location, serve as urban settlements, ports and industrial systems that use these areas as dumping water waste, mainly in the Gulf of Mexico oil industry. To assess contamination in an aquatic ecosystem, it is necessary to resort to certain bodies of their habitat and location in the food chain, serve as indicators, they also must have certain characteristics: to present a wide geographical distribution, being sedentary, sessile and have preferably economic importance, so the shellfish are considered monitors of change caused by environmental pollution, within this group, bivalves are regarded as the best biomarkers, not only for their lifestyle and food habits, but also as a source of important food, this is the situation of oysters (*Crassostrea virginica*, *C. gigas*, and *C. corteziensis*), mussels (*Mytilus edulis* and *M. californianus*) and clams (*Mya arenaria*). Toxicity studies are more significant when carried out on important species in fisheries. The accumulation of heavy metals in oysters, *C. virginica*, from lagoon system along the gulf coast of Mexico, results from inputs provided by anthropogenic activities and the physicochemical and ecophysiological processes occurring in these systems. The objective of this study was to determine concentrations of Cd, Pb, and Zn in *C. virginica* from Carmen Lagoon, Tabasco. Three sampling sites were selected, and each sample consisted of 50 oysters of commercial size. Concentrations of Cd, Pb, and Zn were determined using atomic absorption spectrophotometry.

KEYWORDS: Metales pesados, oysters, ostión, *Crassostrea virginica*, Tabasco

### **INTRODUCCIÓN**

Algunos de los principales contaminantes que afectan a las lagunas costeras son los metales pesados, éstos destacan debido a que son potencialmente tóxicos, pero solamente unos no todos. La estimación de las concentraciones naturales y de los aportes realizados por las comunidades aledañas a las lagunas, nos permite evaluar el nivel en que se encuentra afectada una zona. Para ello, es necesario analizar tanto la columna de agua, como los sedimentos y los organismos, especialmente aquellos de hábitos bentónicos y filtradores los cuales han sido extensamente empleados como indicadores de contaminación. El estudio de la concentración de metales en los ecosistemas acuáticos es de gran interés, ya que estos pueden llegar a producir efectos negativos sobre la biota acuática debido a que son altamente persistentes (Botello et al. 2004, Navarrete et al. 2013, Villanueva and Botello 2005). Tabasco representa el estado que ocupa el primer lugar a nivel Nacional en la producción de ostión *Crassostrea virginica* y una parte de la población que vive en ciudades costeras desarrolla actividades productivas, recreacionales y turísticas. Este desarrollo influye sobre las propiedades y procesos naturales de los ecosistemas marinos, desconociéndose, en muchos casos, el real impacto de la actividad antrópica sobre estos ambientes. En este sentido, resulta necesario generar y actualizar sistemáticamente la información científica sobre los sistemas naturales de manera que las autoridades competentes puedan aplicar medidas de gestión que armonicen el crecimiento económico con la protección de la naturaleza. Las zonas costeras frecuentemente son el depósito final de residuos orgánicos e inorgánicos asociados a las actividades industriales y urbanas que se desarrollan en su entorno (Luoma 1990, Giordano et al. 1992). En zonas industrializadas y portuarias, los residuos de dicha actividad usualmente contienen una alta carga de metales pesados, lo que, eventualmente, puede modificar sus concentraciones naturales en los ambientes marinos. A pesar de que diversos metales participan de diferentes procesos metabólicos, un aumento de sus concentraciones puede resultar en efectos tóxicos para las comunidades de organismos marinos y, eventualmente, para la población humana (Moore and Ramamoorthy 1984). Los límites permisibles de metales pesados en ostiones para consumo humano en la Unión Europea, Estados Unidos, España y México, se presentan en la Tabla 1. Estos países regulan la producción total de ostiones, incluidos el cultivo, la recolección silvestre y la comercialización y existen leyes que dictan si pueden cultivarse o cosecharse en áreas certificadas para garantizar su calidad y evitar problemas de salud pública (SENASICA 2003). La cosecha y cultura de ostiones en México, y particularmente en la región del Golfo, se lleva a cabo en áreas no certificadas que están expuestas a contaminación antropogénica y contaminación (Wong-Chang y Barrera-Escorcia 2005). La bioacumulación y la biomagnificación de metales pesados en los ostiones tienen implicaciones para la salud humana, ya que son un artículo popular de la dieta. El objetivo de este estudio fue determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Pb, y Zn) en tejidos del ostión *Crassostrea virginica*, en la laguna Carmen del estado de Tabasco.

**Tabla 1.** Concentraciones promedio de metales pesados (mg/kg) permitidas para consumo en el ostión *Crassostrea virginica*.

Metales	Límites Permisibles			
	México	USA	EEC	España
Cd	0.5	4.0	2.0	1.0
Pb	1.0	1.7	3.0	3.0; 1.5 <sup>2</sup>
As	2 to 4 <sup>1</sup>	86.0	n.s.	4.0
Hg	1.0	1.0	1.0	0.5
Cr	n.s.	13.0	n.s.	----
Ni	n.s.	80.0	n.s.	----
Cu	----	----	----	20
Zn	----	----	----	----
Al	----	----	----	----
Co	----	----	----	----
Sn	250	----	----	----

México: NOM-031-SSA1-1993

USA: (FDA, 1993a, b, c, d, e, f)

EEC: Comunidad Económica Europea (Codex Alimentarius, 1995)

España: Norma de Calidad para Moluscos Bivalvos Depurados, 1985 (FAO, 1989)

n.s. = no standards

---- = no registrados

<sup>1</sup> Límite Máximo Permissible NOM-129-SSA1-1995<sup>2</sup> DOUE, 2006

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo durante un período de seis meses, cada mes se recolectaron al azar 50 ostiones en cada uno de los tres bancos (Yagua1, Palma1 y Ostión Largo) seleccionados de la laguna Carmen en Tabasco (Figura 1). Los bancos fueron seleccionados en virtud de que son los principales productores de ostión en dicha laguna, según comentarios de los pescadores de la Cooperativa Mecoaacán (que extraen ostiones de dicha laguna), debido a que no existen registros oficiales de la producción ostrícola por bancos.

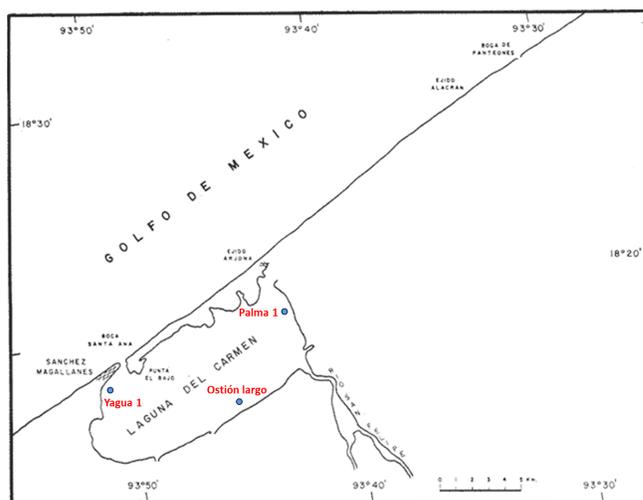
Para su preservación se tomó como base la norma 3052 de la EPA que indica que las muestras se deben de mantener a una temperatura de  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ., con una duración de no más de 6 meses, por lo cual dichos organismos fueron transportados en hieleras hasta el laboratorio de Calidad del Agua de la DACA-UJAT.

### Preparación del Material

Todo el material que se utilizó para el análisis de metales se lavó previamente con soluciones de ácido clorhídrico 2N y ácido nítrico 2N, manteniéndolo durante un día en cada uno de los ácidos y posteriormente se enjuagó el material con agua desionizada, con el fin de eliminar cualquier tipo de interferencias que pudieran alterar los resultados en los análisis. Por último, se dejaron secar en desecadores (ambiente cerrado libre de polvo), una vez seco el material se guardó en bolsas de plástico para su posterior uso; de acuerdo a las recomendaciones técnicas de Moody y Lindstrom (1977, citado por Aragón-López 2009).

### Análisis de las Muestras de Organismos

El procedimiento que se siguió en el Laboratorio de Calidad del Agua de la DACA, fue el siguiente: los 50 ostiones por banco seleccionado se desconcharon y el tejido blando fue colocado en crisoles con el objetivo de pesarlos y después secarlos en una estufa bacteriológica a



**Figura 1.** Ubicación de los bancos ostrícolas seleccionados (con círculo rojo) en la laguna Carmen, Tabasco.

68°C por 48 h hasta que adquirieron peso constante. Una vez secas las muestras se homogenizaron en morteros de porcelana.

Posteriormente se pesó 1 g de peso seco en una balanza analítica, colocándolas en matraces micro kjeldahl de 30 ml a los cuales se le agregó ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) en una proporción de 6:3 dejándolos tapados con papel parafilm y en reposo mínimo 12 h a temperatura ambiente para la pre-digestión, con el fin de destruir la muestra orgánica por oxidación. Transcurrido el tiempo, las muestras se colocaron en un digestor iniciando con una temperatura a 100°C rotando el matraz para lavar las paredes de todo residuo orgánico, la temperatura se fue aumentando poco a poco hasta llegar a los 210°C de manera que la mezcla llegue a estado de ebullición, el proceso duró aproximadamente 2 h, tiempo en el que finalmente se obtuvo una solución clara.

Una vez concluido el digestado, los matraces se dejaron enfriar a temperatura ambiente y luego las muestras fueron transferidas a matraces aforados con un volumen de 25 ml lavándolas con agua desionizada para posteriormente aforar a 25 ml. Todas las soluciones obtenidas de las diferentes digestiones se guardaron en el refrigerador para su posterior lectura al espectrofotómetro de absorción atómica con llama de aire-acetileno. A fin de

estabilizar el equipo de absorción atómica de acuerdo a sus especificaciones técnicas, tales como el flujo de aire, gas acetileno, altura del quemador, ancho de ranura y longitud de onda de la lámpara empleada para cada metal. Pasado el tiempo de estabilización se procedió a introducir los estándares certificados, los cuales se elaboran a concentraciones conocidas con el fin de obtener las curvas de calibración, esto es importante, debido a que los datos que arroja el equipo al leer las concentraciones en las muestras están basados en la curva de calibración obtenida. En éste proceso, por cada cinco muestras se analizó un blanco reactivo y cuatro repeticiones. Para la lectura de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica se utilizaron estándares certificados marca EICCA CHEMICAL Company de 1000 µl/ml los cuales son trazados a un estándar NIST, para realizar la curva de calibración a cada uno de los metales analizados.

### Análisis Estadístico

Un análisis de varianza (ANOVA) fue usado para determinar si las concentraciones promedio de metales pesados durante los meses seleccionados fueron diferentes significativamente. La prueba de Cochran's fue usada para probar la homogeneidad de las varianzas y posteriormente, una prueba de Tukey se empleó para determinar cuáles medias fueron diferentes. El programa estadístico *STATISTICA* fue empleado para los análisis estadísticos. El nivel de significancia empleado fue  $p < 0.05$  (Prieto Valiente and Herranz Tejedor 2010).

### RESULTADOS

El contenido de metales pesados (Pb, Cd y Zn) encontrados en el ostión proveniente de los tres bancos seleccionados durante los meses de estudio, se presenta en la Tabla 2. En la tabla se puede apreciar que de manera general el Zinc fue el metal que mayor contenido presentó en todos los bancos, seguido por Plomo y Cadmio, a excepción del banco Yagua 1, donde hubo mayor contenido de Cadmio que de Plomo.

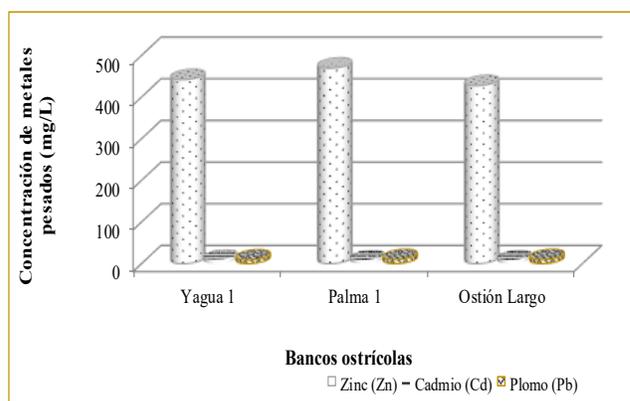
Para el banco Yagua 1, en la tabla se observa que el Zn es el metal que se encontró en mayores concentraciones (441.70 mg/L en promedio y presentó diferencia significativa estadísticamente del Cd y Pb ( $p < 0.01$ )).

Para el banco Palma 1, se observa que al igual que en Yagua 1, el Zn es el metal que se encontró en mayores concentraciones (469.22 mg/L en promedio). El orden del contenido de metales en éste banco fue Zn > Pb > Cd.

En el banco Ostión Largo, se observa que el Zn y el Pb son los metales que se encontraron en mayores concentraciones y presentaron diferencias significativas estadísticamente del Cd ( $p < 0.01$ ), aunque las concentraciones de los tres metales pesados disminuyeron en comparación con Yagua 1 y con Palma 1.

Al realizar la comparación del contenido de cada uno de los metales pesados, se encontró que de manera general Yagua 1 presentó las mayores concentraciones de Pb y Cd y que fueron significativamente diferentes del contenido encontrado en Palma 1 y Ostión Largo ( $p < 0.01$ ).

En cuanto al contenido de Zn, Yagua 1 fue el banco que presentó las mayores concentraciones, aunque no fueron significativamente diferentes del contenido encontrado en Palma 1 y Ostión Largo ( $p < 0.05$ ). Por otro lado, el contenido de Pb fue similar entre Ostión Largo y Palma 1 (9.39 y 9.43 mg/L, respectivamente), mientras que Yagua 1 presentó el valor más bajo de este metal (Figura 2).



**Figura 2.** Comparación del contenido de metales pesados (Cu, Cd, Zn y Pb) en el ostión *Crassostrea virginica* proveniente de tres bancos ostrícolas de la laguna Carmen, Tabasco

### DISCUSIÓN

Los contenidos de metales registrados en los ostiones durante 2017 fueron similares a los registrados por (N.B.M., datos no publicados) durante 2015 y 2016 en los mismos bancos de la laguna. Esto fue más evidente en el caso del contenido de Pb y Zn en organismos recolectados los bancos Ostión Largo y Palma 1. Por otro lado, los valores del contenido de Zn medidos en el presente trabajo son inferiores a los registrados en 2015 por Brito-Manzano et al. (2016). Esta situación indica que, si bien hay una relación entre la actividad antrópica desarrollada en la zona costera y la presencia de metales en los ambientes de fondo, ésta no es constante a través del tiempo y puede estar influenciada por condiciones ambientales (e.g., masas de agua, productividad) y/o por cambios en los procesos propios de la actividad portuaria (dragados, cantidad de material embarcado, eficiencia en la actividad de embarque).

El contenido máximo de Pb registrado en este trabajo (9.43 mg/kg) fue superior al registrado Navarrete-

**Tabla 2.** Contenido de metales pesados (Zn, Cd y Pb) en el ostión *Crassostrea virginica* proveniente de tres bancos ostrícolas de la laguna Carmen, Tabasco.

Bancos	Metales Pesados (mg/kg)		
	Zinc (Zn)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
Yagua 1	441.70	9.68	8.62
Palma 1	469.22	8.49	9.43
Ostión Largo	427.32	8.56	9.39

Rodríguez et al. (2013) en 2012 (1.001 mg/kg), para el mismo organismo en el complejo lagunar Carmen-Machona-Pajonal del estado de Tabasco. Si bien estos valores son elevados, deben ser tomados con cierta cautela ya que pueden corresponder a una situación puntual registrada durante la campaña de muestreo y no representar la condición permanente de estas especies en la zona de estudio; esto se puede confirmar con estudios permanentes en la laguna de Carmen.

Existen varios trabajos que abordan los procesos de biomagnificación de metales en cadenas tróficas de ambientes acuáticos de diferentes zonas del mundo (Cabana et al. 1994, Bowles et al. 2001, Burreau et al. 2006, Kádár et al. 2007, Tao et al. 2012). Sin embargo, en México en general y en Tabasco en particular, la biomagnificación de metales es una problemática que no ha sido abordada desde el punto de vista científico y tampoco ha sido incluida en la generación de normas de calidad para recursos marinos de consumo humano. Solamente existen algunos trabajos publicados en los últimos años que reportan contenido de metales en organismos marinos en diferentes lagunas de Tabasco y Veracruz (Vázquez-Sauceda et al. 2005 Lango Reynoso et al. 2010, Navarrete-

Rodríguez et al. 2013), pero prácticamente no hay estudios que describan los procesos de transferencia de estas sustancias a través de las cadenas tróficas, ni trabajos que evalúen el riesgo para las comunidades marinas y para la salud humana. Esto es particularmente importante toda vez que diferentes experimentos confirman que los organismos marinos tienen la capacidad de retener metales traza obtenidos desde las fuentes de alimento (Wang and Rainbow 2000, Rainbow and Wang 2001, Xu and Wang 2002). En la Tabla 3 se presentan algunos resultados de trabajos realizados con el ostión *C. virginica* en diferentes lagunas de los estados de Veracruz, Tamaulipas y Tabasco. Los niveles de metales pesados registrados en el ostión *Crassostrea virginica* de la Laguna Carmen, se encuentran muy por arriba de los límites permisibles establecidos por la NOM-031SSA1-1993 y por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos). Los resultados de éste estudio indican que los organismos analizados pueden acumular selectivamente ciertos elementos. Debido a que los niveles de metales pesados encontrados en ostiones *Crassostrea virginica* de la laguna Carmen, Tabasco, se considera que pueden representar un riesgo para la salud humana si son consumidos crudos.

**Tabla 3.** Datos de la literatura sobre el contenido de metales pesados en el ostión *Crassostrea virginica* en diferentes lagunas.

Laguna	Mes	Contenido de Metales (mg/L)				Especie	Autor
		Cu	Zn	Cr	Pb		
La Mancha, Veracruz	-----	630.90	1204.00	-----	-----	<i>C. virginica</i>	A
San Andrés, Tamaulipas	abril a sept.	4.88	3.60	-----	0.86	<i>C. virginica</i>	B
Alvarado, Veracruz	marzo a sept.	278.00	145.82	10.60	9.05	<i>C. virginica</i>	C
Mandinga, Veracruz		165.75	159.81	21.06	13.17		
Tamiahua, Veracruz		202.43	156.85	33.64	21.42		
El Yucateco, Tabasco	mayo a sept.	-----	-----	0.57	5.11	Peces (robalo, jurel, liseta)	D
El Yucateco, Tabasco		-----	-----	0.46	7.68	Jaiba azul	
Alvarado, Veracruz	enero	67.00	973.6	-----	8.55	<i>C. virginica</i>	E
	abril	149.75	837.40	-----	3.90		
	mayo	138.05	1134.65	-----	5.15		
	agosto	140.55	838.6	-----	6.35		
	septiembre	190.85	885.25	-----	5.7		
	diciembre	138.95	747.60	-----	9.6		
La Mancha, Veracruz	enero	110.60	1023.00	-----	9.40	<i>C. virginica</i>	F
	abril	455.80	1302.00	-----	5.70		
	mayo	792.40	971.00	-----	5.40		
	agosto	355.22	1162.00	-----	2.50		
	septiembre	315.90	1038.00	-----	7.20		
	diciembre	219.80	872.20	-----	7.0		
Tamiahua, Veracruz	enero a julio	-----	-----	-----	0.22	<i>C. virginica</i> (hembras)	G
		-----	-----	-----	0.36	<i>C. virginica</i> (machos)	
Carmen-Machona-Pajonal	nov (2010) a mayo (2011)	259.12	-----	-----	1.001	<i>C. virginica</i>	H
		0.516	-----	-----	0.059	Camaron	
		0.907	-----	-----	0.005	Jaiba	
Carmen, Tabasco	enero	-----	522.34	-----	10.72	<i>C. virginica</i>	I
	abril	-----	546.91	-----	9.22		
	mayo	-----	536.37	-----	8.74		
	agosto	-----	510.65	-----	9.16		
	septiembre	-----	413.58	-----	9.68		
	diciembre	-----	312.49	-----	10.51		

A.- González-Fierro et al. (1994)  
D.- Villanueva y Botello (2005).  
G.- Lango-Reynoso et al. (2010)

B.- Luna et al. (2002)  
E.- Vázquez-Sauceda et al. 2005.  
H.- Navarrete-Rodríguez et al. (2013)

C.- Guzmán-Amaya et al. (2005)  
F.- Aragón-López 2009.  
I.- Este trabajo

## LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2001. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2000, que establece los estándares de calidad para los laboratorios certificados. SECOFI, Diario Oficial de la Federación del 13 de agosto. México, D.F.
- Aragón-López, R. 2009. *Metales Pesados en Organismos Acuáticos en los Sistemas Lagunares La Mancha y Alvarado en Veracruz, México*. Ms.Sc. Thesis. Instituto de Ingeniería. Universidad Veracruzana. 106 pp.
- Botello, V.A., F.S. Villanueva y H.L. Rosales. 2004. Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. Páginas 683-710 en: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.) *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. SEMARNAT, INE, Instituto de Ecología y Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Vol. II.
- Bowles, K.C., S.C. Apte, W.A. Maher, M. Kawei y R. Smith. 2001. Bioaccumulation and biomagnifications of mercury in Lake Murray, Papua New Guinea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**: 888-897.
- Brito-Manzano N., E. De la Cruz Lázaro y U. López Noverola. 2016. Determinación de metales pesados (Pb, Cr, Zn y Cu) en el ostión *Crassostrea virginica* en tres bancos ostrícolas de la laguna Meacoacán en Tabasco, México. Páginas 18-24 en: W.M. Contreras-W. Sánchez, F. Chablé Falcón y R. Ángulo Pineda. (Eds.) *Perspectiva Científica desde la UJAT*. Villahermosa, Tabasco, México.
- Brower, J.E. y J.H. Zar. 1980. *Field and M for E*. Brown Company Publishers, Iowa USA. 194 pp.
- Burreau, S., Y. Zebühr, D. Broman y R. Ishaq. 2006. Biomagnification of PBDEs and PCBs in food webs from the Baltic Sea and the northern Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment* **366**:659-672.
- Cabana, G., A. Tremblay, J. Kalff y J.B. Rasmussen. 1994. Pelagic food chain structure in Ontario lakes: A determinant of mercury levels in lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **51**:381-389.
- Giordano, P., L. Musmeci, L. Ciaralli, P. Vernillo, J. Chirico, N. Piccioni y S. Costatini. 1992. Total content and sequential extractions of Hg, Cd and Pb in coastal sediments. *Marine Pollution Bulletin* **24**:350-357.
- González-Fierro, A., A. Vázquez-Botello, S. Villanueva-Fragoso y G. Ponce Vélez. 1994. Presencia de metales en sedimentos recientes y organismos de la laguna Sontecomapan, Veracruz, México. *Hidrobiológica* **4**(1-2):35-43.
- Guzmán Amaya, P., F.S. Villanueva y V. Botello. 2005. Metales en tres lagunas costeras del estado de Veracruz. Páginas 361-372 en: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.) *Golfo de México contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2ª. Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 pp.
- Kádár, E., V. Costa y M. Segonza. 2007. Trophic influences of metal accumulation in natural pollution laboratories at deep-sea hydrothermal vents of the Mid-Atlantic Ridge. *Science of the Total Environment* **373**:464-472.
- Lango-Reynoso, F., C. Landeros-Sánchez y M.R. Castañeda-Chávez. 2010. Bioaccumulation of cadmium (Cd), lead (Pb) and arsenic (As) in *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), from Tamihua lagoon system, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* **26**(3):201-210.
- Luna, M., V.O. Rendón y L.G. Alpuche. 2002. Presencia de plomo en agua y ostión en las lagunas de Alvarado y la Mancha. Páginas 96-111 en: A.P. Guzmán, B.C. Quiroga, L.C. Díaz, C.D. Fuentes, M.C. Contreras y G. Silva López (Eds.) *La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo*. SAGARPA-UV.
- Luoma, S. 1990. Processes affecting metal concentrations in estuarine and coastal sediments. En: R. Furnes y P. Rainbow (Eds.) *Heavy metals in the Marine Environment*. CRC Press, New York, New York USA. 225 pp.
- Moore, S. y S. Ramamoorthy. 1984. *Heavy Metals in Natural Waters*. Springer-Verlag, New York, New York USA. 269 pp.
- Navarrete-Rodríguez, G., Castañeda-Chávez, M.R. y Lango-Reynoso, F. 2013. *Metales pesados en pesquerías de las lagunas Carmen-Machona, Tabasco. Evaluación de metales pesados en recursos pesqueros del complejo lagunar Carmen-Machona-Pajonal, Tabasco*. Ed. Académica Española. Deutschland, Alemania. 184 pp.
- Prieto Valiente, L. y I. Herranz Tejedor. 2010. *Bioestadística sin Dificultades Matemáticas*. Ed. Díaz de Santos. Madrid, España. 390 pp.
- Rainbow, P. y W-X. Wang. 2001. Comparative assimilation of Cd, Cr, Se and Zn by the barnacle *Elminius modestus* from phytoplankton and zooplankton diets. *Marine Ecology Progress Series* **218**:239-248.
- Sharma, V.K., K.V. Rhudy, R. Koenig y F.G. Vázquez. 1999. Metals in sediments of upper Laguna Madre. *Marine Pollution Bulletin* **38** (12):1221-1226.
- Tao, Y., Y. Zhang, X. Hu y M. Meng. 2012. Distribution and bioaccumulation of heavy metals in aquatic organisms of different trophic levels and potential health risk assessment from Taihu Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **81**:55-64.
- Vázquez-Sauceda, M.L., G. Aguirre-Guzmán, R. Pérez-Castañeda, J. Rábago-Castro y J. Genaro Sánchez. 2005. Contenido de Cadmio y Plomo en agua, ostión y sedimento de la laguna de San Andrés Aldama, Tamaulipas. *Ciencia y Mar* **27**:3-9.
- Villanueva, F.S. y V.A. Botello, V. 2005. Vigilancia y presencia de metales tóxicos en la laguna El Yucateco, Tabasco, México. Páginas 407-430 en: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold Bouchot y C. Agraz Hernández (Eds.) *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2da Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 pp.
- Wang, W-X. y P.S. Rainbow. 2000. Dietary uptake of Cd, Cr and Zn by the barnacle *Balanus trigonus*: Influence of diet composition. *Marine Ecology Progress Series* **204**:159-168.
- Wong-Chang, I. y G. Barrera-Escorcia. 2005. Estado actual de la contaminación microbiológicas en el Golfo de México. En: A.V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz Hernández (Eds.) *Golfo de México. Contaminación e impacto Ambiental. Diagnóstico y Tendencias*, 2nd. Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad. Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 pp.
- Xu, Y y W-X. Wang. 2002. Exposure and potential food chain transfer factor of Cd, Se and Zn in marine fish *Lutjanus argentimaculatus*. *Marine Ecology Progress Series* **238**:173-186.