

Contenido de cadmio y plomo en agua, ostión y sedimento de la laguna de San Andrés, Aldama, Tamaulipas

Ma. de la Luz Vázquez-Sauceda*, Gabriel Aguirre-Guzmán, Roberto Pérez-Castañeda, Jaime Rábago-Castro & J. Genaro Sánchez

Resumen

Contenido de cadmio y plomo en agua, ostión y sedimento de la laguna de San Andrés, Aldama, Tamaulipas. México ocupa uno de los primeros lugares en la producción de ostión a nivel mundial, siendo Tamaulipas una de las principales zonas para la pesquería de este molusco bivalvo en el golfo de México. Los ostiones pueden concentrar metales pesados que afectan a sus poblaciones e indirectamente al ser humano; por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en ostiones, agua y sedimentos de esta zona ostrícola. Se obtuvieron muestras de cinco estaciones de la laguna de San Andrés, Tamaulipas, las cuales fueron recolectadas cada semana desde el mes de abril hasta septiembre del 2000, siendo analizadas por cuadruplicado con un espectrofotómetro de absorción atómica. Para evaluar diferencias en la concentración de metales entre el tejido de ostión, agua y sedimento, así como entre estaciones, se realizaron varias ANDEVA y pruebas de rangos múltiples de Duncan. El nivel significativamente superior ($p < 0.05$) de Cd y Pb en el agua de la estación 5, cerca del río Tigre, sugiere que este río puede ser la entrada de contaminación de estos metales hacia la laguna. De igual forma, la concentración significativamente

Abstract

Content of cadmium and lead in water, oysters and sediment from the lagoon San Andrés, Aldama, Tamaulipas. Mexico ranks amongst the world first producers of oysters, and the Tamaulipas region is one of the main sources of natural oyster production. Oysters may accumulate heavy metals which cause harmful side effects to the oyster and, if consumed, to the humans. Cadmium (Cd) and lead (Pb) levels were assessed from water, oysters, and sediment collected from five sampling stations in the lagoon San Andres, Tamaulipas. Samples were collected weekly from April to September 2000, evaluated by quadruplicate on a flame atomic absorption spectrophotometer. The evaluation of the differences in the metals concentrations between oysters tissue, water and sediment, and between sampling stations, an ANOVA and Duncan's multiple range test were made. The Cd and Pb levels from water collected at the sampling station 5, near the Tiger river, were significantly higher ($p < 0.05$) than those assessed at the other sampling stations. This suggests that the lagoon pollution with heavy metal is originated from this river. Also, significantly high levels of Pb ($p < 0.05$) were observed in oyster and sediment collected from stations 1 and 2. It is possible that the

Résumé

Contenu de cadmium et de plomb dans l'eau, les huîtres et le sédiment de la lagune de San Andrés, Aldama, Tamaulipas. Le Mexique occupe une des premières places dans le monde pour la production d'huîtres, avec l'état de Tamaulipas comme une des zones principales pour la pêche de ce mollusque bivalve dans le Golfe du Mexique. Les huîtres peuvent concentrer des métaux lourds, lesquels affectent leurs populations et indirectement l'être humain ; c'est pour cela que l'objectif de ce travail fût la détermination du contenu de cadmium (Cd) et de plomb (Pb) dans les huîtres, l'eau et les sédiments de cette zone ostréicole. Des échantillons de cinq stations de la lagune de San Andrés, Tamaulipas furent collectés chaque semaine d'Avril à Septembre 2000 et analysés en quatre exemplaires avec un spectrophotomètre d'absorption atomique. Pour évaluer les différences de concentration en métaux lourds dans les tissus des huîtres, l'eau et le sédiment, ainsi qu'entre stations, plusieurs ANOVAS et essais de rangs multiples Duncan ont été faits. Le niveau significativement supérieur ($p < 0.05$) de Cd et Pb dans l'eau de la station 5, proche à la rivière du Tigre, suggère que cette rivière peut être l'entrée de la contamination en métaux vers la lagune. De même, la

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico de Acuacultura, km 5 carretera Ciudad Victoria-Mante, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, 87000. Tel. (834) 312-5078, Fax (834) 312-9531

*Correo electrónico: mvazquez@uat.edu.mx

mayor ($p < 0.05$) de Pb en ostión y sedimentos de las estaciones 1 y 2, sugiere que el bajo recambio de agua presente en estas estaciones puede ser uno de los factores que favorecen la acumulación de este metal en esa zona. El Cd en agua y ostión, así como el Pb en agua, mostraron valores mayores a los indicados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1993 y NOM-027-SSA1-1993). Sin embargo, el contenido de Pb en los tejidos del ostión no superó los niveles permisibles.

low water exchange in these areas may be the cause of the higher levels of Pb compared to other stations. The levels of Cd in lagoon water and oyster, and Pb in water, showed higher values than those recommended by the Mexican Official Norm (NOM-001-ECOL-1993 and NOM-027-SSA1-1993). However, the level of Pb on oyster tissues not surpasses the permissible levels.

concentration significativamente superior ($p < 0.05$) de Pb en las huîtres y los sedimentos de las estaciones 1 y 2, suggère que le bas brassage de l'eau présent à ces stations peut être un des facteurs qui favorisent l'accumulation de ce métal dans cette zone. Des valeurs supérieures à celles indiquées dans la Norme Officielle Mexicaine (NOM-001-ECOL-1993 y NOM-027-SSA1-1993) ont été trouvées pour le Cd dans l'eau et les huîtres, ainsi que pour le Pb dans l'eau. Cependant, le contenu de Pb dans les tissus des huîtres ne dépasse pas les niveaux permisibles.

Palabras clave: Bioacumulación, campos ostrícolas, ecotoxicología, laguna costera.

Key words: Bioaccumulation, oysters fields, ecotoxicology, coastal lagoon.

Mots clefs: Bioaccumulation, écotoxicologie, lagune côtière, zone ostréicole.

Introducción

México ocupa el sexto lugar mundial en la producción de ostión *Crassostrea virginica*, obteniéndose el 96% a partir del producto extraído del golfo de México y el resto del Pacífico (Cruz 1996). Los principales estados productores de ostión son Veracruz, Tabasco, Tamaulipas, Campeche, Sinaloa y Guerrero, los cuales dependen de los bancos ostrícolas silvestres. Sonora, Baja California, Baja California Sur y Nayarit son productores menores de ostión silvestre y son los estados en donde además se cultiva *Crassostrea gigas* y *C. corteziensis* (Palacios 1983, Rodríguez 1998).

En los últimos 20 años una gran variedad de estudios han demostrado que las zonas costeras del país tienen problemas de contaminación, lo cual genera efectos nocivos para los organismos que habitan en los estuarios, lagunas y humedales. Botello *et al.* (2002) señalan que los hidrocarburos de petróleo, metales, plaguicidas, organoclorados y microorganismos son los principales contaminantes que están presentes en las zonas costeras mexicanas. En algunos casos, estos contaminantes han generado daños

irreversibles a los ecosistemas costeros, afectando de manera singular a la salud pública (Páez-Osuna 1999b).

Los metales pesados son contaminantes estables y persistentes del medio ambiente, los cuales tienden a acumularse en los suelos y sedimentos (Páez-Osuna 1999b). Los niveles excesivos de estos elementos en el medio marino pueden afectar la biota y representan un riesgo para las personas que consumen pescados y mariscos. Muchos metales son esenciales para la vida y sólo se convierten en tóxicos cuando la biota se ve expuesta a ellos en forma excesiva, lo cual se determina al comenzar a producirse efectos perjudiciales en los organismos (Páez-Osuna 1999a).

El cadmio y plomo son metales pesados tóxicos que están incrementando sus niveles en el medio ambiente de manera alarmante debido a las actividades humanas, y al transporte de los mismos a través del aire, suelo, agua y redes tróficas (Anónimo 1984, Luna *et al.* 2002). Los niveles altos de metales pesados antes mencionados pueden afectar la biota acuática y representar un riesgo para las

personas que consumen estos productos (Anónimo 1984, Páez-Osuna 1999a, Botello *et al.* 2002).

La producción de ostión en la laguna de San Andrés es una importante fuente de ingresos y de proteína para la población de pescadores que se encuentran en la zona, aunque la producción ostrícola de la laguna se distribuye también hacia el noreste y centro del país (Anónimo 2002). Sin embargo, un problema latente en la zona sería la acumulación de metales pesados por las actividades antropogénicas propias de esta región industrial (Anónimo 2002). Por lo tanto, en el presente estudio se evaluó la concentración de cadmio y plomo en el tejido de ostión, agua y sedimento, con el fin de conocer la acumulación de estos metales en los bancos ostrícolas de la laguna de San Andrés y poder establecer las concentraciones que pudieran significar riesgos a la salud humana.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La laguna de San Andrés está ubicada en la zona sur del estado de Tamaulipas ($22^{\circ}32' - 22^{\circ}47'N$ y $97^{\circ}41' - 97^{\circ}54'O$), entre los municipios de Aldama y Altamira. Su superficie aproximada es de 8,300 ha y recibe aportes de los ríos Tigre y Barberena (Fig. 1). Su comunicación natural más importante con el golfo de México es por medio de la boca barra de Chavarría, la cual se encuentra dragada actualmente y sus escolleras rehabilitadas (Anónimo 2002).

Toma de muestra y análisis

Cada semana, desde abril hasta septiembre de 2000 (6 meses), se evaluaron cinco estaciones de muestreo a lo largo de la laguna a fin de determinar el contenido de metales pesados presentes en ostión, sedimento y agua (Fig. 1). Las muestras de sedimentos recolectadas fueron puestas en frascos de polietileno de 500 ml (250 ml de sedimentos y 250 ml de agua de

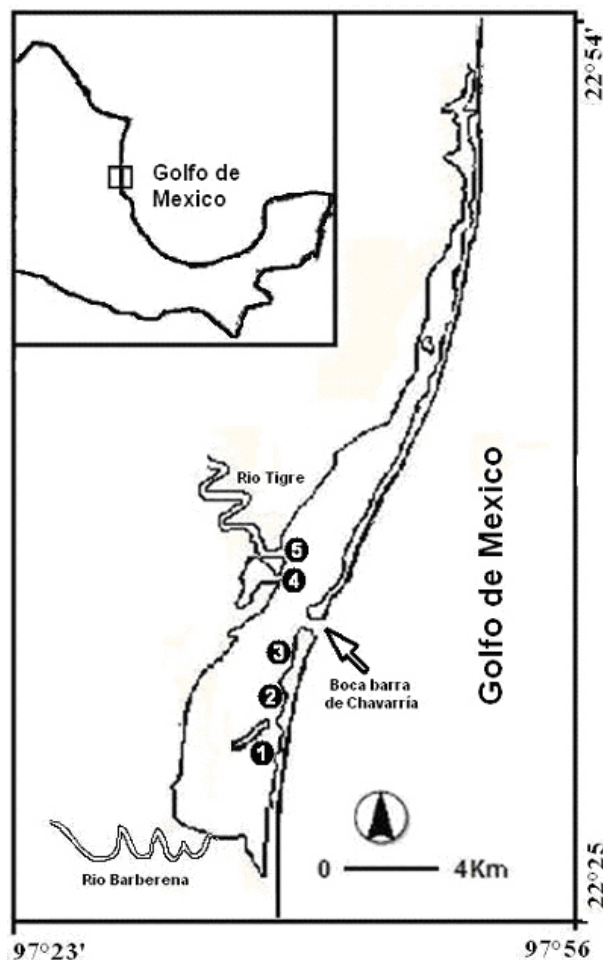


Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna de San Andrés, Aldama Tamaulipas y sus estaciones de muestreo.

mar). Estas muestras se tomaron con una draga manual de 4.5 kg. Además, por medio de buceo libre se tomaron las muestras de ostión *C. virginica* (10 organismos por estación, con 200 ml de agua de mar), los cuales fueron disectados a fin de separar el tejido de la concha. Las muestras de agua se conservaron en contenedores de polietileno de 500 ml, previamente lavados con ácido nítrico y etiquetados, siendo éstas transportadas en hielera con poca cantidad de hielo (Moody & Lindstrom 1977).

Se realizaron determinaciones en el laboratorio de cadmio y plomo por medio de absorción atómica, bajo la norma NMX-AA-051-SCFI-2000 (Anónimo 2001), empleando para este fin un espectrofotómetro de

absorción atómica Perkin Elmer 5100 (Sharma *et al.* 1999). Los valores promedio del contenido de metales pesados de cada estación fueron comparados por medio de análisis de varianza de una vía (ANDEVA) y la prueba de rangos múltiples de Duncan (Broker & Zar 1980) empleando el software STATISTICA (1995) (Unzueta-Bustamante *et al.* 2004).

Resultados

Cadmio

El contenido de cadmio fue significativamente diferente en los tres compartimentos analizados (ostión, agua, sedimento) registrándose valores promedio más altos en el ostión (*C. virginica*) seguidos del sedimento y el agua. La Tabla 1 muestra que existe diferencia significativa entre los valores de cadmio presentes en el agua de la estación 5 comparado con los valores encontrados en las estaciones 2 y 4, siendo estas últimas las que presentan los valores significativamente más bajos. Los valores promedio de cadmio en tejido de *C. virginica* y sedimento no presentaron diferencias significativas entre las estaciones (Tabla 1).

Plomo

El contenido promedio de plomo fue significativamente diferente entre las tres fases analizadas registrándose los valores más altos

en el sedimento, seguidos del ostión y el agua. El agua exhibió una concentración de plomo significativamente mayor en la estación 5, seguida en orden decreciente por la registrada en la estación 4. Por otro lado, las estaciones 2 y 3 registraron las concentraciones significativamente menores. Las estaciones 1 y 2 mostraron los valores promedio significativamente más altos de plomo en el tejido de ostión comparado con las otras estaciones. El contenido de plomo en el sedimento mostró valores que no difirieron significativamente entre las estaciones (Tabla 1).

Discusión

En la Tabla 1 se observan la concentración de cadmio en agua, ostión y sedimento en las 5 estaciones muestreadas de la laguna de San Andrés a lo largo de los seis meses de muestreo (abril-septiembre). En ellas se detectan los valores promedio significativamente más elevados en el tejido de *C. virginica*, independientemente de la estación de muestreo. Esto sugiere que el ostión es un organismo capaz de bioacumular el cadmio y actuar como bioconcentrador de este metal, tal como lo manifiestan Okazaki & Panietz (1981), siendo factibles de ser usados como biomarcadores de este tipo de metal.

El contenido promedio más alto de cadmio y plomo en el agua se registró en la estación 5, la cual está localizada en la desembocadura del río Tigre (Fig. 1). Esto sugiere que la posible fuente de entrada de estos metales

Tabla 1. Contenido de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en agua, ostión y sedimento en diferentes estaciones de la laguna de San Andrés, Aldama, Tamaulipas, en partes por millón (ppm).

Metal	Muestra	Estaciones de muestreo (media, \pm)				
		1	2	3	4	5
Cd	Agua	0.32 \pm 0.06 _b	0.29 \pm 0.06 _b	0.30 \pm 0.04 _b	0.29 \pm 0.07 _b	0.33 \pm 0.04 _a
	Ostión (ns)	2.31 \pm 0.18	2.25 \pm 0.15	2.25 \pm 0.15	2.21 \pm 0.24	2.33 \pm 0.20
	Sedimento (ns)	1.08 \pm 0.07	1.09 \pm 0.12	1.07 \pm 0.12	1.11 \pm 0.11	1.08 \pm 0.06
Pb	Agua	0.45 \pm 0.22 _c	0.40 \pm 0.23 _c	0.39 \pm 0.17 _c	0.52 \pm 0.12 _b	0.70 \pm 0.11 _a
	Ostión	0.85 \pm 0.10 _a	0.86 \pm 0.09 _a	0.73 \pm 0.09 _b	0.77 \pm 0.08 _b	0.80 \pm 0.10 _b
	Sedimento	0.97 \pm 0.11 _a	1.01 \pm 0.12 _a	0.98 \pm 0.20 _a	0.89 \pm 0.08 _b	0.91 \pm 0.07 _a

a, b, c: Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre estaciones para cada muestra.
(ns): Sin diferencias significativas entre estaciones.
 \pm : Desviación estándar.

hacia la laguna sea este río. Berner & Berner (1987) mencionan que procesos de erosión, transportación y procesos biogeoquímicos traen consigo el acarreo de metales, los cuales pueden ser acarreados por el agua de los ríos. Sin embargo, mayores estudios son necesarios a fin de poder definir las posibles fuentes, ruta de entrada y de movimiento de cadmio y plomo en la laguna.

El contenido de metales pesados en sedimentos y ostiones procedentes de las lagunas costeras puede estar influenciado por el periodo de sequías y entrada de agua de ríos y del mar (Vázquez *et al.* 1993, Aldeco & Salas 1994). Vázquez *et al.* (1993) reportan un alto contenido de metales pesados cuando la laguna de San Andrés estaba azolvada. El presente estudio fue realizado después de llevarse a cabo los dragados de los canales interiores y rehabilitadas de las escolleras de la bocabarra de Chavarría. Las estaciones 2, 3, y 4, cercanas a la bocabarra, presentan los valores significativamente inferiores de metales pesados comparados con las estaciones más alejadas (1 y 5). Estos hechos aunado al clima estable, ya que durante el periodo de muestreo no hubo presencia de intemperismos severos como es el caso de huracanes, lluvias constantes o ciclones que afectaran de manera directa a la laguna de San Andrés; sugiere que el mayor hidrodinamismo generado por el dragado y desazolvamiento son la causa probable del menor contenido de metales pesados en la laguna comparado con los resultados de Vázquez *et al.* (1993).

Wright (2002) señala que el consumo de cadmio puede ser causa de diarreas, dolor de estómago y vómitos severos, además de fractura de huesos, fallos en la reproducción y posiblemente infertilidad. Asimismo, el consumo de este metal puede causar daños al sistema nervioso central y al sistema inmune, siendo además responsable de posibles desórdenes psicológicos y del desarrollo de cáncer. Páez-Osuna (1999a), reportaron concentraciones de cadmio para el ostión *C. corteziensis*, proveniente de las lagunas de Navachiste, Mazatlán, Altata y Camichín de

1.5 a 10.3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Los valores detectados en el presente trabajo muestran que las concentraciones de cadmio en agua y ostión (Tabla 1) son inferiores a las reportadas por Páez-Osuna (1999a) pero superiores a los límites máximos permisibles por las normas oficiales mexicanas (NOM-001-ECOL-1993 y NOM-027-SSA1-1993) (Anónimo 1993a-b) que establecen un límite máximo permisible de cadmio en el agua y ostión de 0.2 y 0.5 ppm, respectivamente.

En la Tabla 1 se observa la concentración de plomo en agua, ostión y sedimento, presentándose diferencias significativas entre ellas y siendo el sedimento el que presentó el mayor valor. El contenido de plomo en el agua señala que la estación 5 presentó un valor promedio significativamente superior comparada con las otras estaciones. La estación 5 es cercana al río Tigre, lo cual sugiere que este río puede ser la ruta de entrada de plomo hacia la laguna. El contenido promedio de plomo en ostión y sedimento fue significativamente superior en las estaciones 1 y 2, que son las estaciones más alejadas del río Tigre y la boca barra de la laguna (Fig. 1). Esto puede sugerir que el bajo flujo de agua presente en estas estaciones facilita la concentración de este metal en los sedimentos y ostiones.

El consumo de plomo puede ser causa de perturbación en la síntesis de hemoglobina, además de propiciar la aparición de anemia, trastornos del sistema nervioso, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, disminución de la fertilidad masculina, daño al cerebro, disminución de las habilidades de aprendizaje y comportamiento anormal de los niños (Wright 2002). Las concentraciones de plomo para el ostión *C. corteziensis* proveniente de las lagunas de Navachiste, Mazatlán, Altata y Camichín varía entre 0.5 a 14.6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, mientras que los provenientes de Yávaros, Aguiabampo, Ohuira, Santa María, Nuevo Vallarta, Ceuta, Caimanero, Mexcaltitan, Reacampa, San Cristóbal y Barra de Navidad presentaron valores entre 2.5 a 6.8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Páez-Osuna *et al.* 2002). Los registros de plomo en

sedimentos de las lagunas del golfo de México van desde 11.1 a 31.8 $\mu\text{.gg}^{-1}$ (Presley 1994, Páez-Osuna 1999b, Sharma *et al.* 1999, Páez-Osuna *et al.* 2002, Vázquez & Sharma 2004).

Los valores de plomo en ostión detectados en el presente trabajo son inferiores a los reportados por Páez-Osuna *et al.* (2002) para diversas lagunas del Pacífico mexicano, de igual forma los valores de plomo presente en sedimentos son inferiores a los reportados por Presley (1994), Páez-Osuna (1999b), Sharma *et al.* (1999), Páez-Osuna *et al.* (2002), Vázquez & Sharma (2004) para las lagunas del golfo de México. Sin embargo, las NOM-001-ECOL-1993 y NOM-027-SSA1-1993 (Anónimo 1993a-b) establecen que el límite máximo permisible de plomo en el agua no debe ser mayor a 0.4 ppm y para bivalvos de consumo no debe exceder a 1 ppm, respectivamente. Los valores detectados en el presente trabajo muestran que las concentraciones de plomo en ostión son inferiores al límite máximo permisible por la norma, no siendo así para el contenido de plomo en el agua (Tabla 1).

Conclusión

En la laguna de San Andrés se encontró que el contenido de plomo en ostión es inferior a lo señalado por las normas oficiales mexicanas NOM-001-ECOL-1993 y NOM-027-SSA1-1993 (Anónimo 1993a-b); sin embargo, el contenido de cadmio y plomo en el agua y el de cadmio en el ostión son superiores a los señalados por estas normas.

El contenido promedio significativamente superior de cadmio y plomo en el agua obtenidas de la estación 5, cercana al río Tigre, sugiere que este río es la vía por la cual ingresan estos contaminantes a la laguna de San Andrés. Mientras que el contenido promedio más alto de plomo en ostión y sedimentos de las estaciones 1 y 2, sugiere que el bajo recambio de agua presente en estas estaciones puede promover la precipitación y acumulación de este metal.

Es necesario realizar mayores estudios a fin de entender la dinámica de los metales

pesados en la laguna de San Andrés y los efectos que estos producen en los organismos presentes en ella, para lograr que el recurso pesquero no sobrepase la normatividad ecológica y sanitaria.

Agradecimientos

Agradecemos a la dirección de desarrollo pesquero del estado de Tamaulipas por el financiamiento y apoyo brindado mediante el proyecto de rehabilitación de escolleras y dragado de la boca Barra de Chavarría. Se agradecen las facilidades otorgadas al laboratorio ambiental Tamaulipas, por las facilidades técnicas brindadas durante el análisis de las muestras. A las sociedades cooperativas de pescadores (SCPP) de los Ejidos Las Flores y El Morón por la orientación y apoyos brindados durante los muestreos. Se agradecen los comentarios y sugerencias de dos árbitros anónimos realizadas al manuscrito previo y a Aitor Aizpuru por su revisión del Resumen.

Referencias

- Aldeco Ramírez J. & D.A. Salas de León. 1994. Física: Lagunas costeras y el litoral mexicano. Pp: 75-126, *In* de la Lanza Espino, G. & C. Cáceres-Martínez (eds.). Lagunas costeras y el litoral mexicano. UNAM-UABCS, México.
- Anónimo. 1984. Report No. 1. List of Environmentally dangerous chemical substances and processes of global significance. United Nations Environment Programme, IRPTC. Ginebra, Suiza, 22 pp.
- Anónimo. 1993a. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-93, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. SEMARNAP, Diario Oficial de la Federación del 18 de octubre, México.
- Anónimo. 1993b. Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA/93 y NOM-031-SSA/031 que establecen los límites máximos permisibles de contaminantes para productos de la pesca como moluscos y bivalvos frescos y refrigerados. Secretaría de Salud, Diario Oficial de la Federación del 18 de octubre, México.
- Anónimo. 2001 Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051-2001, que establece los estándares de calidad de los Laboratorios certificados. SECOFI, Diario Oficial de la Federación del 13 de agosto, México.
- Anónimo. 2002. Manifestación de Impacto Ambiental en

- su Modalidad General: Reparación y prolongación de escolleras y dragado de canales de comunicación e interiores de la boca Barra de Chavarría, Laguna de San Andrés, Municipio de Aldama, Tamaulipas. SEMARNAP, México.
- Berner, E.K & R.A. Berner. 1987. The global water cycle. Geochemistry and environment. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 398 pp.
- Botello, A.V., G. Barrera, G. Díaz, G. Ponce, S. Villanueva & I. Wong. 2002. Contaminación marina y costera. La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Pp: 97-111, Instituto Nacional de la Pesca, Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Brower, J.E. & J.H. Zar. 1980. Field and laboratory methods for general ecology. Brown Company Publishers, Iowa, 194 pp.
- Cruz, A.R. 1996. Evaluación general de la captura del ostión en las lagunas de Tamaulipas de 1988 a 1994. Boletín informativo. SEMARNAP, INP, CRIP Tampico, México, 16 pp.
- Luna, J.M., V.O. Rendón & G.L. Alpuche. 2002. Presencia de plomo en agua y ostión en las lagunas de Alvarado y La Mancha. Centro de Estudios Ambientales, A.C., Universidad Autónoma de Campeche, 427 pp.
- Moody, J.R. & P.M. Lindstrom. 1977. Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace elements samples. Anal. Chem. 49: 2264-2267.
- Okazaki, R.K. & M.H. Panietz. 1981. Depuration of twelve metals in tissues of the oysters *Crassostrea gigas* and *C. virginica*. Mar. Biol. 63(1): 113-120.
- Páez-Osuna, F. 1999a. La contaminación y polución costera. Ciencia y Desarrollo 24(114): 60-65.
- Páez-Osuna, F. 1999b. Contaminación por metales en las costas de México. Ciencia y Desarrollo 24(114): 69-73.
- Páez-Osuna, F., A.C. Ruiz-Fernández, A.V. Botello, G. Ponce-Vélez, J.I. Osuna-López, M. Frías-Espéricueta, G. López-López & H.M. Zazueta-Padilla. 2002. Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBs, HCB) and total Pasha in mangrove oysters from the Pacific Coast of Mexico: an overview. Mar. Pollut. Bull. 44(11): 1303-1308.
- Palacios, F.M.R. 1983. Experimentación del semicultivo de ostión *Crassostrea virginica*, (Gmelin, 1791) en la laguna de San Andrés, Tamps. México. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM, México.
- Presley, B.R. 1994. The potential environmental impact of trace metals in the Arctic. Arctic Alpine Res. 8: 123135.
- Rodríguez, C.C. 1998. Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías. SEPESCA. México, 243 pp.
- Sharma, V.K., K.V. Rhudy, R. Koenig & F.G. Vazquez. 1999. Metals in sediments of upper Laguna Madre. Mar. Pollut. Bull. 38(12): 12211226.
- Unzueta-Bustamante, M.L., R. Silveira-Cofficny, A. Prieto, G. Aguirre-Guzmán & R. Vázquez-Juárez. 2004. Effect of white spot syndrome virus (WSSV) in *Penaeus schmitti*, *Litopenaeus vannamei*, and *Cherax quadricarinatus*. Ciencias Marinas 30: 537-545.
- Vázquez, F.G. & V.K. Sharma. 2004. Major and trace elements in sediments of the Campeche Sound, southeast Gulf of Mexico. Mar. Pollut. Bull. 48(1-2): 8790.
- Vázquez, F.G., L.G. Aguilera & V.K. Sharma. 1993. Metals in sediments of San Andres Lagoon, Tamaulipas, México. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 52: 382-387.
- Wright, J. 2002. Environmental Chemistry. Routledge Publisher, United Kingdom, 320 pp.

Recibido: 7 de junio de 2005.

Aceptado: 25 de octubre de 2005.