

CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN OSTIONES (*Crassostrea virginica* Gmelin), DEL CANAL EL CHIJOL, VERACRUZ, MÉXICO

Pedro ÁVILA-PÉREZ y Graciela ZARAZÚA-ORTEGA

Laboratorio de Rayos X de Fluorescencia, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Centro Nuclear de México. Sierra Mojada No. 447, Piso 2, Col. Lomas de Barrilaco, Sec. Vertientes, México 11010, D. F.

(Recibido febrero 1990, aceptado noviembre 1993)

Palabras clave: contaminación, agua, sedimento, ostiones, bioacumulación, *Crassostrea virginica*, metales pesados, hidrocarburos, vanadio, hierro, níquel, cobre, zinc, plomo, Canal El Chijol

RESUMEN

Se determinaron las concentraciones de vanadio, cromo, hierro, níquel, cobre, zinc y plomo en aguas superficial y de profundidad media, en sedimento y en ostión (*Crassostrea virginica*), en diferentes sitios a lo largo del Canal El Chijol, Ver., México. En agua, las concentraciones de vanadio, hierro, zinc y plomo, sobrepasaron hasta 8 veces los valores de los límites máximos permisibles para el desarrollo de los organismos acuáticos; en sedimento y en ostión, éstos se presentaron en concentraciones relativamente altas, lo que implica un riesgo potencial tanto para los organismos del canal, como para el hombre, por ser el ostión de importancia comercial. La bioacumulación de los metales se manifestó en el siguiente orden: Zn>Cu>Fe>Ni>Cr>V>Pb, observándose una correlación significativa entre los niveles de los metales en ostión y en sedimento. En agua y en sedimento se observó una elevación progresiva de los metales a medida que se reducía la distancia a la Refinería de Ciudad Madero, Tamps. En ostión no se notó este cambio, debido probablemente a que los bancos ostrícolas se encuentran establecidos hasta los 8 kilómetros del canal, además de que no se tomaron en cuenta algunos factores como edad, talla, sexo, etapa reproductora, etcétera.

ABSTRACT

Water, sediments and oysters (*Crassostrea virginica*) from the Canal El Chijol were analysed in order to determine concentrations of vanadium, chromium, iron, nickel, copper, zinc and lead. Vanadium, iron, zinc, and lead, were found in concentrations above permissible limits in water (8 times) and in high concentrations in sediment and oysters, such concentrations are considered a potential risk to living organisms in the channel as well as to humans. Accumulation factors decreased in the following order: Zn>Cu>Fe>Ni>Cr>V>Pb, and a high correlation between metal concentration in oyster and sediment was observed. Metal concentrations in water and sediments increased with decreasing distance from the Refinery of Ciudad Madero, Tamps. This observation was not possible to realize in oysters, probably because some factors, such as age, size, sex and reproductive cycle were not taken into account.

INTRODUCCIÓN

Los Estuarios y las Lagunas Costeras son ecosistemas complejos que por sus características únicas albergan a un gran número de organismos de importancia ecológica y comercial (Álvarez y Celis 1982) y por su ubicación, sirven como asentamientos urbanos, portuarios e industriales, que utilizan a estos sistemas acuáticos como áreas de vertimiento de desechos, principalmente en el Golfo de México, la industria petrolera (Toledo 1982).

Goldberg (1975), ha descrito la presencia de níquel, vanadio, cromo y plomo como componentes estructurales y/o asociados al petróleo. Estos elementos, a excepción del plomo, son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades, sin exceder los niveles en los cuales se afecta al sistema enzimático (Forstner y Wittmann 1979). Bryan y Hummerstone (1973), mencionan que el contenido de metales pesados en el organismo puede ser regulado por un mecanismo de control homeostático. Sin embargo, si la concentración de

los metales pesados en la fuente de abastecimiento (agua o alimento) sobrepasa a dicho mecanismo, éstos actúan de manera tóxica.

Se sabe que estos elementos pueden ocasionar alteraciones a nivel celular como son la inhibición en la síntesis de DNA, la formación de epoxialdehídos, conocidos carcinógenos (Boudene 1978, Rondia 1978, Norseth 1979, Costa *et al.* 1980), la inhibición de la RNA polimerasa (Sunderman 1977), la supresión del proceso mitótico y la inducción de rupturas cromosómicas (Norseth 1979), la interferencia en la síntesis de la hemoglobina, alterando la concentración de enzimas en sangre (Valkovic 1980). Por ello es de suma importancia determinar las cantidades en las que se encuentran estos metales y su relación con los límites permisibles.

Para evaluar la contaminación en un ecosistema acuático, es necesario recurrir a ciertos organismos que por su hábitat y ubicación en la cadena alimenticia, sirvan como indicadores, éstos además deben reunir ciertas características: presentar una amplia distribución geográfica, ser sedentarios, preferentemente sésiles y tener importancia económica (Nishikawa y Larsen 1975, Osuna *et al.* 1990). Éste es el caso del ostión, cuyo hábitat sedentario de interfase agua-sedimento lo pone en contacto con metales pesados, hidrocarburos, etc., que es capaz de acumular sin aparente efecto tóxico (George y Frazier 1982). La acumulación de metales pesados en los tejidos del ostión lo hacen también un indicador adecuado de la presencia de hidrocarburos en un sistema estuarino.

En los ambientes acuáticos, los moluscos, son considerados monitores del cambio causado por la contaminación ambiental, dentro de este grupo, los bivalvos son estimados como los mejores bioindicadores, no sólo por su forma de vida y hábitos tróficos, sino también porque son una fuente importante de alimento, tal es la situación de los ostiones (*Crassostrea virginica*, *C. gigas*, *C. cortesiensis* y *C. iridescens*), los mejillones (*Mytilus edulis* y *M. californianus*) y la almeja (*Mya arenaria*) (Lauenstein *et al.* 1990, Guerrero 1993).

El objetivo de este trabajo, es el de evaluar los niveles de bioacumulación de los metales pesados V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn y Pb en ostiones, como indicadores de contaminación en el Canal El Chijol, Veracruz, México.

MATERIALES Y METODOS

El Canal El Chijol, Municipio de Pueblo Viejo, se localiza en la parte norte del Estado de Veracruz,

en el litoral del Golfo de México, geográficamente ubicado entre los meridianos 97° 49' 36" y 97° 49' 09" L.W. y entre los paralelos 22° 14' 41" y los 22° 06' 24" L.N., ocupando una extensión aproximada de 16 km, como se muestra en la figura 1.

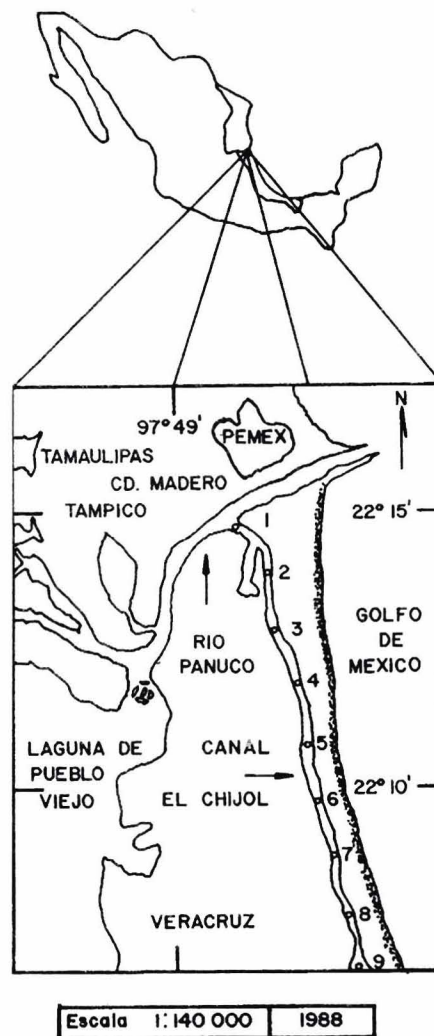


Fig. 1. Localización del Canal El Chijol en Veracruz, México, y las nueve estaciones de muestreo

El Canal limita al norte con la desembocadura del río Pánuco, al sur con la Laguna La Rivera, municipio de Tampico Alto, Ver., al este con el Golfo de México y al oeste con la carretera Tampico-Tuxpan y la Laguna de Pueblo Viejo, Ver.

En la figura 1 están indicadas las nueve estaciones de muestreo para agua y sedimento, a lo largo del canal, con una separación de dos kilómetros entre cada una de ellas. Los ostiones se encuentran en poblaciones apreciables a partir del km 8, colec-

tándose únicamente en 9 estaciones de muestreo, del km 8 al km 16, con una separación de un kilómetro entre cada una de ellas. Se realizaron tres muestreos bimensuales, de diciembre de 1986 a abril de 1987.

El agua fue colectada en dos zonas, en la superficie y a profundidad media, ambas en el centro del canal. La profundidad media para los tres muestreos fue de 1.4 m. El sedimento y los ostiones fueron también obtenidos del centro del canal. Las muestras de profundidad media se colectaron mediante una botella Van Dorn e inmediatamente fueron colocadas en frascos de polietileno especiales. En la superficie el agua se tomó en forma directa en los frascos de polietileno. Los metales fueron fijados adicionando ácido nítrico concentrado en una proporción de 5ml/L y se almacenó en refrigeración a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ para su transporte. El sedimento fue tomado con una draga de acero inoxidable, alrededor de 1 kg de la porción central, posteriormente se puso en bolsas de polietileno para su transporte. El ostión fue extraído con gafas ostioneras colocándolo en arpillas para su transporte.

Las muestras fueron analizadas por rayos X de fluorescencia. Esta técnica de análisis presenta una serie de ventajas sobre otras técnicas convencionales como son: es multielemental, lo que permite analizar cuantitativamente todos los elementos con $z > 20$, requiere de poca manipulación de la muestra, evitando contaminaciones y pérdidas de elementos, la materia orgánica no causa interferencia, es relativamente rápida con límites de detección tan bajos como 2-10 ppm en peso dependiendo del elemento y de la fuente radiactiva con la que sea excitada la muestra; para las aguas los límites de detección bajan hasta unas cuantas ppb ($\mu\text{g/L}$).

Las muestras de agua se procesaron mediante la técnica de precipitación por APDC (Pérez 1982). Se tomaron 100 ml de agua, se bajó el pH a 3, se agregó APDC para acomplejar los metales y se depositaron en un filtro "millipore" de 0.45 μm , para su conteo posterior. Los sedimentos fueron procesados usando la técnica descrita por Ávila (1982). Las muestras fueron secadas a 80°C durante 2 horas, después molidas y tamizadas a 200 mallas y homogeneizadas. Los ostiones fueron extraídos de su concha, lavados con agua bidestilada, liofilizados, molidos, tamizados a 200 mallas y homogeneizados (Pérez 1986). Para la cuantificación de las muestras fue necesario preparar patrones de agua (Pérez 1982), sedimentos (Ávila 1982) y ostiones (Pérez 1986) y patrones que han sido certificados por el Organismo Internacional de Energía Atómica y el National Bureau of Standards.

Los patrones de aguas, se prepararon a partir

de titrisoles, y fueron procesados por la técnica de precipitación por APDC en las mismas condiciones que las muestras.

Para corroborar los resultados obtenidos por espectrometría de rayos X de fluorescencia, se realizaron análisis cualitativos de elementos y cuantitativos de vanadio en petróleo y agua de desecho de la Refinería de Ciudad Madero, Tamps., por la técnica de análisis por activación neutrónica (Ávila 1988). También, se efectuaron microextracciones en el ostión del Canal El Chijol, para detectar la presencia de componentes estructurales mayoritarios del hidrocarburo, por la técnica de cromatografía de gases. Para ello se utilizó la técnica de microextracción en tejidos de peces (Murray y Lockhart 1981). Para hidrocarburos aromáticos, se empleó una columna de 152 cm de longitud por 3.17 mm de diámetro exterior, empacada con 10% de At-100 sobre chromosorb WAW (80/100 mallas) y para hidrocarburos alifáticos, una columna de 122 cm de longitud por 3.17 mm de diámetro exterior, empacada con 5% de OV-101 en chromosorb PAW (80/100 mallas).

RESULTADOS

Las concentraciones de vanadio y cromo registradas tanto en el agua superficial como en la de profundidad media, presentaron disminución progresiva conforme aumentó la distancia a la Refinería de Ciudad Madero, este comportamiento no se observó en el sedimento y en el ostión (Fig. 2a y 4a). En el caso del níquel y plomo, sólo el agua de profundidad media y el sedimento mostraron comportamiento similar, siguiendo la misma tendencia que el vanadio y el cromo en el agua (Fig. 2b y 4b). Las concentraciones más altas de hierro fueron registradas en el agua y en el sedimento, siendo 2.8 y 14000 ppm respectivamente (Fig. 3a), las concentraciones en el agua tuvieron la misma tendencia que el vanadio y cromo. El cobre y el zinc aparecen en altas concentraciones en el ostión, no ocurriendo así en agua y en sedimento (Fig. 3b y c). El vanadio, el cromo y el plomo, en agua de profundidad media del primer muestreo, sobrepasaron los límites máximos permisibles dados por diferentes fuentes (Tabla I), lo mismo sucedió con el cromo, en agua superficial del primer muestreo.

Los resultados del análisis por activación neutrónica aparecen en la tabla II, notándose especialmente la presencia de V en el agua de desecho de la Refinería de Ciudad Madero, en concentración de 1.7 ppm y que en el petróleo crudo se encontró en 304.97 ppm.

Kilómetro

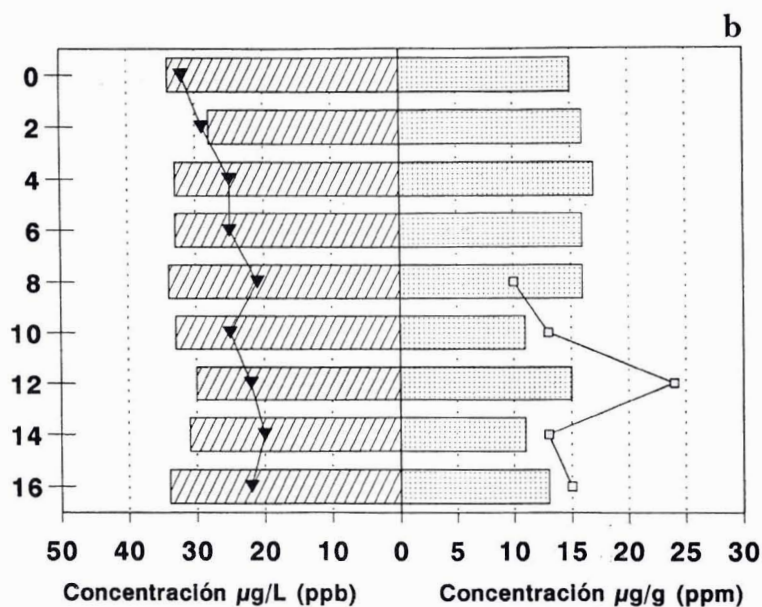
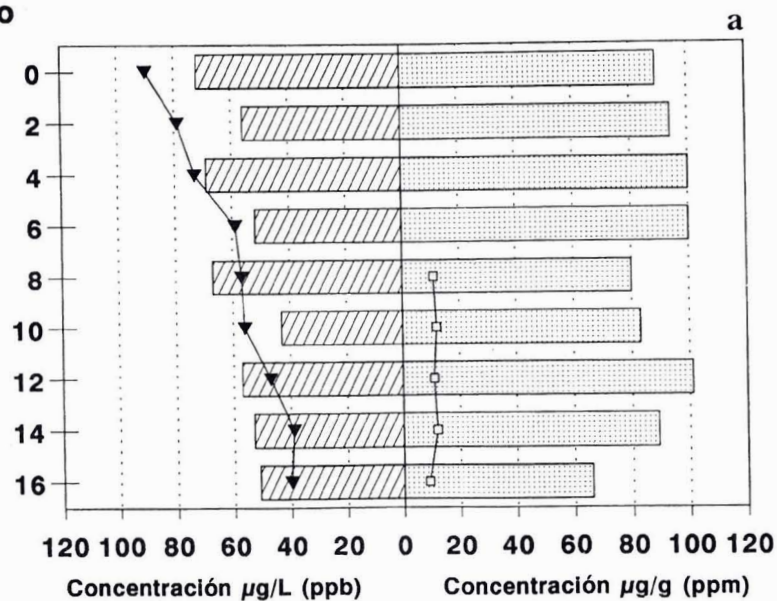


Fig. 2. Concentración promedio de vanadio (a) y níquel (b) en agua superficial, agua de profundidad media, sedimento y ostión del Canal El Chijol, Veracruz

Kilómetro

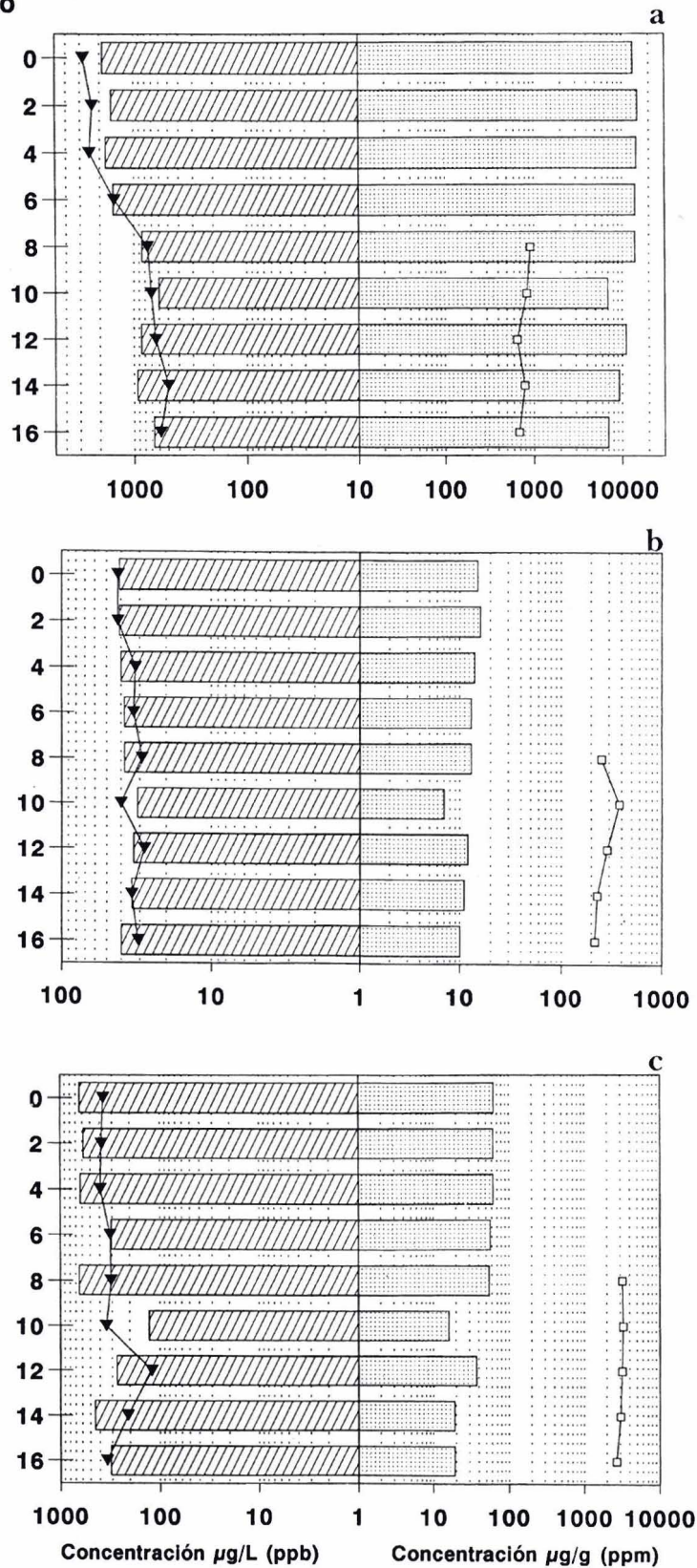


Fig. 3. Concentración promedio de hierro (a), cobre (b) y zinc (c) en escala logarítmica, en $\square$ agua superficial, $\blacktriangledown$ agua de profundidad media, $\blacksquare$ sedimento y $\square$ ostión del Canal El Chijol, Veracruz

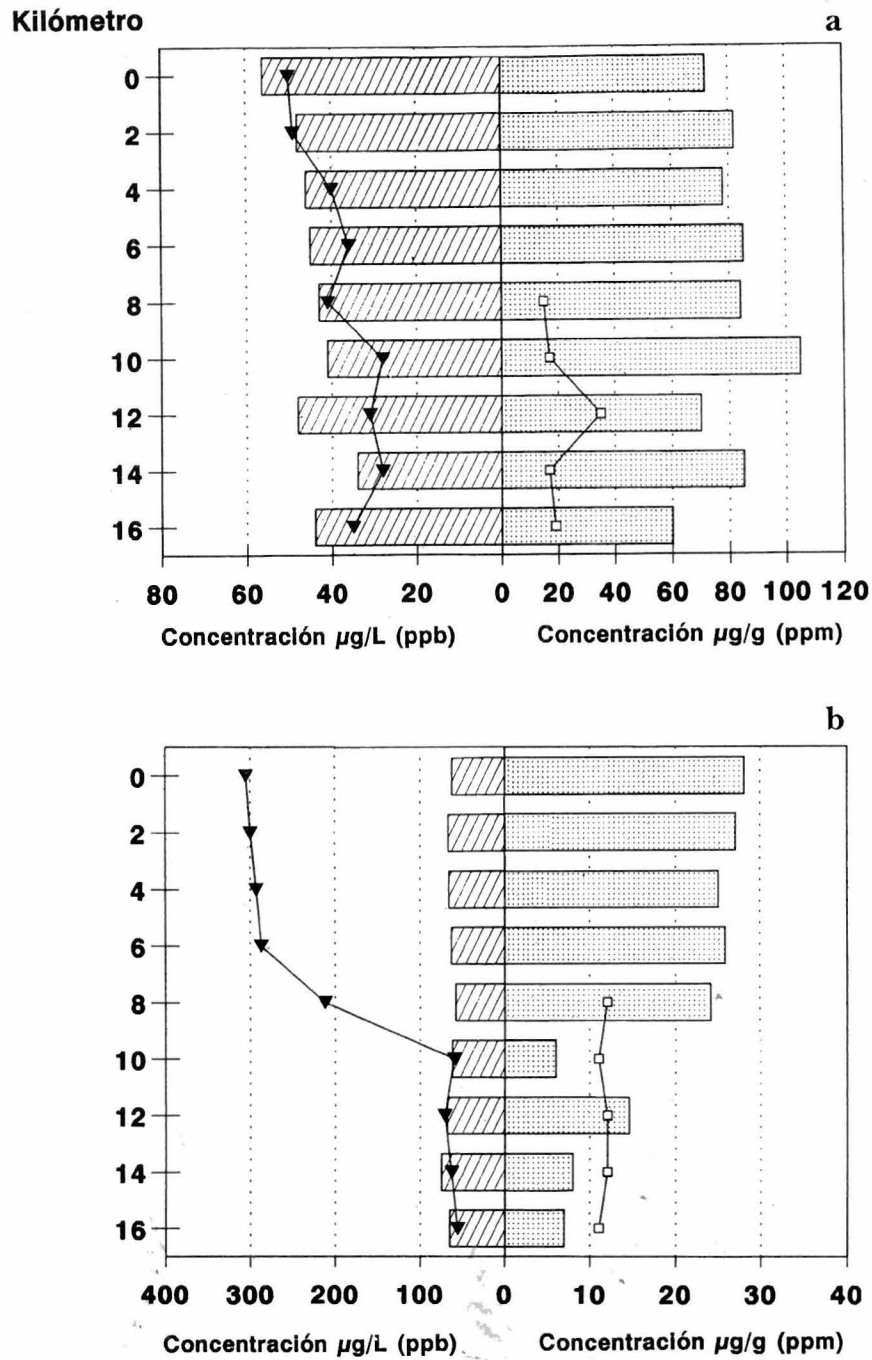


Fig. 4. Concentración promedio de cromo (a) y plomo (b) en  agua superficial,  agua de profundidad media,  sedimento y  ostión del Canal El Chijol, Veracruz

Los análisis por cromatografía de gases, detectaron la presencia de metaxileno (250 ppm), para-xileno (250 ppm), metilcumeno (450 ppm), dos compuestos de benceno sustituidos no identificados e hidrocarburos alifáticos de C₁₁ a C₂₀.

En la tabla III, se incluyeron los factores de acumulación de los metales pesados en el ostión, donde se pudo observar en general un factor de acumulación alto para los metales esenciales y bajo para los no esenciales.

Las correlaciones por rangos de Spearman entre las concentraciones del metal en el ostión y en su ambiente son exhibidas en la tabla IV.

DISCUSIÓN

Para establecer la dinámica de los metales pesados en el agua de un sistema costero, es necesario considerar a todas las variables que interactúan en esa dinámica (Rosas *et al.* 1989). En este trabajo, el V, Cr y Pb, presentaron concentraciones altas en las zonas cercanas a la unión del río Pánuco, disminuyendo éstas conforme se alejaban de la misma. Este comportamiento puede ser explicado, como resultado de un mayor impacto producido por la cercanía de la Refinería de Ciudad Madero, así como atribuido a la dinámica de sedimentación de estos metales, donde de acuerdo a Duinker *et al.* (1980), los metales tienden a permanecer en solución a salinidades bajas y a precipitarse en altas, producto de mecanismos tales como la mezcla física de agua dulce y el agua de mar con diferente composición de solutos y materia orgánica e inor-

gánica particulada, la sedimentación y los procesos de resuspensión y resedimentación, la formación de aglomerados de partículas disueltas en grandes cantidades, la adsorción de especies químicas disueltas y la remoción final de estas especies químicas del agua para llevarlas en las salinidades altas a los sedimentos, lo cual explica en parte, la disminución progresiva de la mayoría de los metales en el agua y en el sedimento del Canal El Chijol.

Para poder evaluar el fenómeno de bioacumulación, en este caso en el ostión, es necesario conocer las vías a través de las cuales el contaminante penetra al organismo. Esta bioacumulación, normalmente está regida por niveles de captación del metal a través del agua, alimento y sedimento, con los cuales es posible establecer un modelo que permita conocer la interacción del metal entre organismo y en el ambiente que lo rodea (Rosas *et al.* 1989). Aquí es importante conocer la dinámica de la interfase agua-sedimento como factor preponderante en la correlación entre las concentraciones que presenta el ostión y aquellas del agua y sedimento.

Ciertas formas químicas de los metales son más o menos favorables para la bioacumulación en los bivalvos dependiendo del tipo de compuesto al que esté unido, estos pueden favorecer en algunos casos su incorporación a los organismos (Martincic *et al.* 1984). Diversos autores han descrito una aparente competencia entre varios metales en el metabolismo de los bivalvos, lo cual indica que éstos, dependiendo de su fisiología individual, tienen un número dado de sitios disponibles para la fijación de los metales, tales como sustitución de

TABLA I. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN EL AGUA DEL CANAL EL CHIJOL Y LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES*

	METAL PESADO (µg/L)						
	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
DATOS TOTALES	54	39	54	54	54	54	54
MEDIA	59	42	1277	28	36	374	124
DATO MÍNIMO	16	26	388	10	16	14	43
DATO MÁXIMO	124	90	6512	62	58	1836	789
LIM. MAX. PERM. (Valkovic 1975)	100						
LIM. MAX. PERM. (SEDUE 1989)			50				
LIM. MAX. PERM. (FAO/SIDA 1975)		50		100	1500	5000	100

*Éstos se rebasan en las
Estaciones No.

1

1, 2, 3 y 4

1, 2, 3, 4 y 5

1, 2, 3, 4 y 5

TABLA II. ELEMENTOS IDENTIFICADOS MEDIANTE ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA EN PETRÓLEO Y AGUA DE DESECHO DE LA REFINERÍA DE CIUDAD MADERO, TAMAULIPAS

MUESTRA	ELEMENTO DETECTADO
1. Petróleo Crudo	V, Na, Br, Ni
2. Siete y medio* (agua de desecho)	V, Br, Cl, Na, Ni, Al
3. Varadero* (agua de desecho)	Na, Mn, V, Al, Cl, Ni, Dy

*Efluentes de la Refinería

iones por competencia (George y Pirie 1980) y sitios proteicos (George y Pirie 1980, George y Frazier 1982). La saturación de esos sitios de fijación está gobernada por las propiedades del ambiente, tales como: concentración de iones como cloruros, concentración total del metal y su especiación, cinética de transformación de las especies químicas, capacidad de acomplejamiento para los metales y concentración de materia orgánica disuelta.

Los ostiones del Canal El Chijol, tienen altas concentraciones de metales en sus tejidos como producto de los procesos de bioacumulación, que de acuerdo con Rainbow *et al.* (1990) están regidos por algunos factores fisicoquímicos y fisiológicos, que regulan su incorporación y excreción, sin embargo, el posible efecto tóxico que pueda sufrir el ostión por la presencia de esos metales pesados en sus tejidos, depende en gran medida, de la forma química en la cual se encuentra el metal en el medio, así como del proceso de biotransformación que sufra en el organismo (Berman 1980, Barron 1990, Rainbow *et al.* 1990).

Es importante señalar, que las mayores concentraciones de los elementos V, Ni, y Pb se hayan cerca de la Refinería de Ciudad Madero (en los primeros kilómetros del Canal), por lo que, de acuerdo con Forstner y Wittmann (1979), Khalaf *et al.* (1982) y Sadiq y Zaidi (1985) y con base en los resultados obtenidos por cromatografía de gases, donde se observa la presencia de compuestos mayoritarios del hidrocarburo en los tejidos del ostión (ver Tabla II), es posible que el incremento de los metales pesados en agua, sedimento y ostión del Canal El Chijol se deba principalmente a las actividades de la Industria Petrolera.

El plomo, excede el límite máximo permisible para consumo de moluscos (Naven 1983), por lo que estos ostiones pueden constituir un riesgo para el hombre, como es descrito por Frías *et al.* (1990) y Olvera *et al.* (1991, 1992), quienes determinan efectos mutagénicos en *Drosophila melanogaster* y *Escherichia*

coli en pruebas realizadas con extractos de ostiones provenientes del Canal El Chijol, Ver.

Los factores de acumulación en el ostión considerando el agua superficial muestran el siguiente orden: Zn>Cu>Fe>Cr>Ni>V>Pb. Entre ostión y agua de profundidad media son: Zn>Cu>Fe>Ni>Cr>V>Pb. Por último entre ostión y sedimento son: Zn>Cu>Pb>Ni>Cr>V>Fe.

Al analizar los factores de acumulación, se puede observar que en general, los metales esenciales presentan valores altos con relación a los no esenciales, tal es el caso del cobre y del zinc con valores de 7948 y 11570 respectivamente, contra 178 del plomo y 202 del vanadio, para la relación ostión-agua de superficie; lo mismo ocurre para el factor ostión-sedimento, donde el cobre y zinc tienen valores de 25 y 130 respectivamente, contra 1.21 del plomo y 0.13 del vanadio. Estos datos son congruentes con la característica de esencialidad de esos elementos, los cuales al ser necesarios para el metabolismo del ostión son por consecuencia bioacumulados en grandes cantidades, lo cual no ocurre con los no esenciales.

El hierro, es el elemento con la cantidad más baja para la relación ostión-sedimento, lo cual resulta extraño al ser el hierro un elemento esencial y el ostión un organismo bentónico; una posible explicación es que este metal bioacumulado en el ostión proviene principalmente del agua y/o que el hierro en el sedimento se encuentra en alguna forma química no disponible para el ostión. El vanadio, tiene para las relaciones ostión-agua y ostión-sedimento, un factor de acumulación bajo, solamente superado por el plomo y el hierro. Los factores de bioacumulación son similares a los obtenidos por Rosas *et al.* (1983) y Guerrero (1993).

El vanadio, el níquel y el plomo, sobrepasan los límites máximos permisibles para el agua dados por diferentes fuentes. En particular, el plomo presenta concentraciones de hasta casi 8 veces el límite per-

TABLA III. FACTORES DE ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL OSTIÓN DEL CANAL EL CHIJO, VERACRUZ

FACTOR DE ACUMULACIÓN OSTIÓN/AGUA SUPERFICIAL

Kilómetro	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
8	164	349	1071	294	6684	4960	207
10	279	415	1382	394	12226	25617	177
12	167	729	754	800	8697	11844	176
14	226	500	847	419	6735	6779	160
16	176	439	1019	441	5400	8651	169
Promedio	202	486	1015	470	7948	11570	178

FACTOR DE ACUMULACIÓN OSTIÓN/AGUA DE PROFUNDIDAD MEDIA

Kilómetro	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
8	193	366	1199	476	8759	10386	57
10	214	607	1180	520	9475	9532	183
12	202	1129	1008	1091	10250	26331	169
14	307	607	1581	650	6735	14531	190
16	225	543	1168	682	6968	7912	196
Promedio	228	650	1227	684	8437	13738	159

FACTOR DE ACUMULACIÓN OSTIÓN/SEDIMENTO

Kilómetro	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
8	0.14	0.18	0.07	0.65	20	58	0.50
10	0.14	0.16	0.12	0.84	37	205	1.78
12	0.10	0.50	0.06	1.57	24	86	0.80
14	0.13	0.20	0.09	1.15	21	160	1.46
16	0.14	0.97	0.10	1.13	21	141	1.52
Promedio	0.13	0.40	0.09	1.07	25	130	1.21

misible (100 µg/L). Las concentraciones de los elementos en el segundo y tercer muestreo no exceden los límites permisibles, con excepción del plomo.

En el sedimento al igual que en el agua, se observa el decremento gradual en la concentración de los metales. En particular, el plomo, el hierro y el zinc presentan una baja radical en su concentración a partir del kilómetro 10 del Canal (Fig. 3a, c y 4b).

El análisis granulométrico realizado por Miranda (1987), muestra variaciones en la composición del sedimento a lo largo del Canal, predominando en los primeros kilómetros el de tipo arcilloso, mientras que en los últimos el arenoso; por lo que de acuerdo con Forstner y Wittmann (1979), ésta puede ser una de las causas de la disminución de los metales en el sedimento. Este comportamiento no

TABLA IV. CORRELACIONES POR RANGOS DE SPEARMAN ENTRE EL CONTENIDO DEL METAL EN OSTIÓN Y EL PRESENTE EN SU AMBIENTE

ELEMENTO	OSTIÓN-AGUA SUPERFICIAL	OSTIÓN-AGUA DE PROFUNDIDAD MEDIA	OSTIÓN-SEDIMENTO
V	-.46	-.15	.08
Cr	.58	.31	-.50
Fe	.05	.87*	-.42*
Ni	-.06	-.67*	-.67*
Cu	-.23	.27	-.06
Zn	-.29	-.39	.14
Pb	-.48	-.21	.33

* $p \leq 0.05$

se nota en el ostión, debido a que los bancos ostrícolas se encuentran establecidos hasta los 8 kilómetros del canal y ya que en este trabajo no se toman en cuenta factores de talla, sexo, edad, ciclo reproductor, peso etcétera, los resultados no se pueden aplicar a nivel poblacional en el ostión.

Los resultados de la tabla IV, tienen correlaciones significativas ($p \leq 0.05$) entre la concentración de hierro en ostión y la del sedimento; así como entre la concentración de níquel en ostión y la presente en el agua de profundidad media y en el sedimento, lo cual es un reflejo de los hábitos

TABLA V. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE METALES PESADOS ($\mu\text{g/g}$) EN OSTIONES DEL CANAL EL CHIJOLO CON LOS DE OTRAS REGIONES DE MÉXICO Y DEL MUNDO

ORGANISMO	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	LOCALIDAD	REFERENCIA
<i>Crassostrea virginica</i> (1)	10	20	876	14	280	3352	11	Canal El Chijol, Veracruz, México	Este estudio
<i>Crassostrea virginica</i> (2)		0.40	67	0.19	91.5	1428	0.47	Costa del Atlántico, EUA	Pringle <i>et al.</i> (1968)
<i>Crassostrea virginica</i> (1)				7	172	643		Laguna de Términos, Campeche, México	Botello <i>et al.</i> (1976)
<i>Crassostrea virginica</i> (1)					161	322	0.8	Bahía San Antonio, EUA	Sims y Presley (1976)
<i>Crassostrea virginica</i> (1)				4.2	220	4060	0.5	Costa del Atlántico, EUA	Goldberg <i>et al.</i> (1978)
<i>Crassostrea virginica</i> (1)		4.60					3.04	Laguna del Carmen, Campeche, México	Rosas <i>et al.</i> (1983)
<i>Crassostrea virginica</i> (1)	ND	10	194	9	110	71	4	Laguna de Barra del Tordo, Tamaulipas, México	Ávila (1988)
<i>Crassostrea virginica</i> (1)			100	84	38	144		Laguna del Ostión, México	Villanueva <i>et al.</i> (1988)
<i>Crassostrea gigas</i> (1)			128	1.6	32	396		Estuario Knysna, Sudáfrica	Watling y Watling (1976)
<i>Crassostrea gigas</i> (2)			86.1	0.55	20.1	120.4	1.29	Costa de Taiwán, China Nacionalista	Hsu <i>et al.</i> (1979)
<i>Crassostrea corteziensis</i> (1)			202	2.8	53.8	1068	1.8	Mazatlán, Sinaloa, México	Páez <i>et al.</i> (1988)

ND, no detectado

*, dato no descrito

(1), peso seco

(2), peso húmedo

bentónicos del ostión y del fenómeno de bioacumulación (Forstner y Wittmann 1979). Es importante mencionar, que las correlaciones significativas ($p \leq 0.05$) entre las concentraciones de cobre y zinc, cobre y plomo en el sedimento, así como entre plomo y zinc en agua de superficie y en ostión, pueden ser indicadores de un origen natural y/o de contaminación común. Al comparar algunos de los metales pesados estudiados, con otros resultados obtenidos en las Costas de México y del mundo (ver Tabla V), se observa que el Fe y el Pb se presentan en este trabajo, en concentraciones mayores a las citadas por otros autores. El Cu y el Zn, están en concentraciones semejantes a las registradas por Goldberg *et al.* (1978), y para el Ni, los datos son menores a los descritos por Villanueva *et al.* (1988). Los valores para el ostión en este trabajo, son mayores a los registrados en ostiones de Barra del Tordo, Tamps. (Ávila 1988).

De todo lo anterior se concluye lo siguiente: la presencia de vanadio, níquel y plomo en el agua, sedimento y ostión del Canal El Chijol, son reflejo de las actividades petroleras de la zona.

Las altas concentraciones de estos metales en el estero, aunado con otros factores hidrológicos y del metal mismo, han propiciado una elevada acumulación de estos metales en el ostión, lo cual es un riesgo para la salud de la gente que consume este molusco.

El vanadio, cromo, níquel y plomo sobrepasan los límites permisibles establecidos para agua.

El plomo excede los límites permisibles recomendados en otros países para la ingestión de moluscos.

En los ostiones del Canal El Chijol, se presentan metales pesados en concentraciones similares a otros organismos colectados tanto en México como en otras partes del mundo.

Los resultados de las correlaciones son significativos para hierro y níquel entre las concentraciones en ostión y en sedimento y agua de profundidad media, siendo esto un reflejo de los hábitos bentónicos del ostión.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Irma Rosas del Centro de Ciencias de la Atmósfera, por su valiosa contribución en la interpretación de los datos, al Biól. J. Saúl Miranda Rosas de la Estación Oceanográfica de la Secretaría de Marina en Tampico, por su apoyo para la realización de este trabajo y al Q. Octavio Vázquez Arriaga del ININ, por la realización de los análisis cromatográficos.

REFERENCIAS

- Álvarez C. D. y Célis L. (1982). Distribución y concentración de hidrocarburos fósiles en sedimentos marinos y organismos del sistema lagunar Carmen y Machona, Edo. de Tabasco, México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM, México. Reporte de Investigaciones 27, 75 p.
- Ávila I. G. (1982). Análisis de minerales por rayos X de fluorescencia: un método de dispersión de energía. Informe Técnico AII-82-17, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.
- Ávila P. P. (1988). Evaluación de los niveles de bioacumulación por metales pesados en el ostión *Crassostrea virginica* Gmelin, como indicadores de contaminación por hidrocarburos en el Canal El Chijol, Ver. Tesis Profesional, Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Barron M. G. (1990). Bioconcentration. Environ. Sci. Technol. 11, 1612-1618.
- Berman E. (1980). *Toxic metals and their analysis*. (L. C. Thomas, Ed.), Heyden, Londres, 293 p.
- Botello A. V., Hick E. y Mandelli E. F. (1976). Estudios preliminares sobre los niveles de algunos contaminantes en la Laguna de Términos, Campeche, México. Simposio sobre adelantos en las investigaciones marinas en el Caribe y regiones adyacentes. Caracas, julio 12-16. FAO
- Boudene C. (1978). Food contamination by metals. En: *Trace metals: exposure and health effects*. (E. Di Ferrante, Ed.), Pergamon Press, Inglaterra, pp. 163-164.
- Bryan G. W. y Hummerstone L. G. (1973). Adaptation of the polychaete *Nereis diversicolor* to estuarine sediments containing high concentrations of zinc and cadmium. J. Mar. Biol. Assoc. 53, 839-857.
- Costa M., Marcia M. K. y Lindberg O. (1980). Metal carcinogenesis in tissue culture systems. En: *Inorganic chemistry in biology and medicine*. (A. E. Martell, Ed.), Washington D.C., 346 p.
- Duinker J. C., Hellebrand M. T. J., Nolting R. F. y Wellershaus S. (1980). The River EMS: processes affecting the behaviour of metals and organochlorines during estuarine mixing. Neth. J. Sea. Res. 19, 19-29.
- FAO/SIDA (1975). Tercer curso de capacitación sobre contaminación de las aguas en relación con la protección de los recursos vivos. ONU, Lima, Perú.
- Forstner V. y Wittmann G. T. (1979). *Metal pollution in the aquatic environment*. Springer-Verlag, Berlin, 486 p.
- Frías H., Breña M. y Olvera O. (1990). Posible efecto mutagénico de ostiones colectados en el Canal El Chijol, Ver. Primer Congreso de la Sociedad Mexicana de Genética. Universidad Autónoma de Tlaxcala, octubre 9-11.
- George S. G. y Frazier J. M. (1982). Some aspects of the relationship between tolerance to heavy metal pollution and metabolism of Cd, Cu and Zn in oyster. *Thalassia Yugosl.* 18, 203-219.
- George S. G. y Pirie B. J. S. (1980). Metabolism of zinc in the mussel *Mytilus edulis* (L): a combined ultra-

- structural and biochemical study. *J. Mar. Biol. Ass.* 60, 575-590.
- Goldberg D. E. (1975). Marine Pollution. En: *Chemical Oceanography*. (J. P. Riley y G. Skirrow, Eds). Academic Press, Londres, Vol. 3, pp. 39-89.
- Goldberg D. E., Hodge V., Koide M. y Griffin J. J. (1978). A pollution history of Chesapeake Bay. *Geochim. Cosmochim. Acta* 42, 1413-1425.
- Guerrero C. Y. C. (1993). Evaluación de la concentración de metales pesados en el ostión de roca *Crassostrea iridescens* Hanley, agua y sedimento, de la bahía de Manzanillo, Col. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Hsu S. Y., Wang G. S. y Jeng S. S. (1979). The occurrence and seasonal variations of Na, K, Ca, Mg and heavy metals in Taiwan's oysters and clams. *Bull. Inst. Zool. Academic, Sinca (Taipei)* 18, 11-20.
- Khalaf F., Literathy P. y Anderlini V. (1982). Vanadium as a tracer of oil pollution in the sediments of Kuwait. *Hydrobiology* 91, 147-154.
- Lauenstein G. G., Roberston A. y O'Connor T. P. (1990). Comparison of trace metal data in mussel and oyster from a 1980's programme. *Mar. Pollut. Bull.* 21, 440-447.
- Martincié D., Nürnberg H. W., Stoeppler M. y Branica M. (1984). Bioaccumulation of heavy metals by bivalves from Lim Fjord (North Adriatic Sea). *Mar. Biol.* 81, 177-188.
- Miranda R. J. S. (1987). Evaluación de la productividad primaria acuática y terrestre en el Canal El Chijol, Ver. Estación Oceanográfica. Dirección General de Oceanografía Naval. Secretaría de Marina. Tampico, Tamps., México.
- Murray D. A. J. y Lockhart W. L. (1981). Microextraction and gas chromatography. Analysis of selected petroleum hydrocarbons in water and fish tissue. *J. Chromat.* 212, 305-311.
- Naven E. C. (1983). Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and products fishery. FAO, Roma, Italia.
- Nishikawa K. K. y Larsen I. L. (1975). Radioactividad en organismos marinos de la costa noroccidental de Baja California. *Ciencias Marinas* 2, 14-20.
- Norseth T. (1979). Health effects of niquel and chromium. En: *Trace metals: exposure and health effects*. (E. Di Ferrante, Ed.), Pergamon Press, Inglaterra. pp. 135-136.
- Olvera O., Cruces M. P., Pimentel E., Arceo C., Guzmán J., De la Rosa M. E. y Ávila P. (1991). Evaluation of the mutagenic effect of oysters collected near a refinery. International Symposium on Environmental Mutagenesis and Carcinogenesis. Shanghai, China, mayo 27-29.
- Olvera O., Cruces M. P., Pimentel E., Arceo C., Guzmán J., De La Rosa M. E. y Ávila P. (1992). Evaluation of the mutagenic effect of oysters by means of the SMART technique. 1st. International Conference on Environmental Mutagenesis in Humans Populations at Risk. Cairo, Egypt, enero 21-26.
- Osuna L. J. I., Zazueta P. H. M., Rodríguez H. A. y Osuna P. F. (1990). Trace metal concentration in mangrove oyster (*Crassostrea corteziensis*) from tropical lagoon environments, México. *Mar. Pollut. Bull.* 21, 486-488.
- Páez O. F., Izaguirre F. G., Godoy M. R., González F. F. y Osuna L. J. (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.
- Pérez N. A. M. (1982). Preparación de muestras para análisis de aguas por rayos X de fluorescencia. Informe Técnico AII-8206, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.
- Pérez N. A. M. (1986). Análisis de contaminantes metálicos en peces. Desarrollo de la técnica por rayos X de fluorescencia. Informe Técnico GSTN-RX1-86, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.
- Pringle B. H., Hissong D. E. y Mulawka S. T. (1968). Trace metal accumulation by estuarine mollusc. *J. Sanit. Eng. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* 94, 455-475.
- Rosas C., Castañeda T., Barrera G., Negrón G., Takagui y Maubert M. (1989). Niveles de Pb, Cr y Cd en *Callinectes sapidus* y *C. similis* y su relación con la concentración de éstos en el agua y en el sedimento. *Rev. Invest. Marinas* 1, 71-87.
- Rosas I., Baez A. y Belmont R. (1983). Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metal pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water, Air, Soil Pollut.* 20, 127-135.
- Rondia D. (1978). Sources modes and levels of human exposure to niquel and chromium. En: *Trace metals: exposure and health effects*. (E. Di Ferrante Ed.), Pergamon Press, Inglaterra, pp. 117-118.
- Rainbow P. S., Phillips D. J. y Depledge M. H. (1990). The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. *Mar. Pollut. Bull.* 7, 321-324.
- Sadiq M. y Zaidi T. H. (1985). Metal concentrations in the sediments from the Arabian Gulf Coast of Saudi Arabia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 565-571.
- SEDUE (1989). Criterios ecológicos de calidad del agua. CE-CCA-001/89. DOF, 2 de diciembre, México, D. F.
- Sims R. R. y Presley B. J. (1976). Heavy metal concentrations in organisms from an actively dredged Texas Bay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 16, 520-527.
- Sunderman F. W. (1977). A review of the metabolism and toxicology of niquel. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 7, 377-398.
- Toledo A. (1982). *Petróleo y ecodesarrollo en el sureste de México*. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F.
- Valkovic V. (1980). *Analysis of biological material for trace elements using X ray spectroscopy*. (V. Valkovic, Ed.), Boca Raton, Florida Press, 242 p.
- Villanueva S., Botello A. V. y Páez O. F. (1988). Evaluación de algunos metales pesados en organismos del río Coatzacoalcos y de la Laguna del Ostión, Ver., México. *Contam. Ambient.* 4, 19-31.
- Watling H. R. y Watling R. J. (1976). Trace metals in oysters from Knysna Estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 7, 45-48.