

Presencia de metales en sedimentos recientes y organismos de la laguna Sontecomapan, Veracruz, México.

A. González-Fierro,
A. Vázquez-Botello,
S. Villanueva-Fragoso y
G. Ponce-Vélez

Laboratorio de Contaminación Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
Apartado Postal 70-305, México 04510, D.F.

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.

RESUMEN

En este estudio se dan a conocer los niveles de algunos metales (Cu, Co, Cr, Ni, Zn, Cd y Pb) determinados en los sedimentos y organismos bentónicos de la laguna de Sontecomapan, Veracruz durante el periodo de 1991-1992. Los resultados muestran que en los sedimentos los metales con mayor concentración fueron: níquel, cromo, zinc y cobre. Estos elementos también estuvieron presentes en los moluscos bivalvos (*Crassostrea rhizophorae* y *Brachidontes exustus*), en la alga (*Cladophoris membranacea*) y la fanerógama acuática (*Ruppia maritima*), siendo más altas las concentraciones en los bivalvos.

Palabras clave: Contaminación, metales traza, laguna costera, sedimentos, bivalvos.

ABSTRACT

In this paper are presented the results of the analysis of metals in sediments and biota from Sontecomapan lagoon, Veracruz, during 1991-1992. In the sediments the metals with higher concentrations were Nickel (Ni), Chromium (Cr), Zinc (Zn) and Copper (Cu). These elements were also present in mollusk bivalves (*Crassostrea rhizophorae* and *Brachidontes exustus*) as well as in the algae (*Cladophoropsis membranacea*) and in the aquatic phanerogamae (*Ruppia maritima*).

Key words: Marine pollution, trace metals, coastal lagoon, sediments, bivalves.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales que tienen comunicación permanente o efímera con el mar, y son el encuentro entre dos masas de agua de diferentes características, lo que causa fenómenos peculiares en su comportamiento físico-químico y biológico (Contreras, 1985). Sin embargo en la actualidad las lagunas costeras del país

encaran serios problemas de contaminación, los cuales producen daños considerables a los organismos que los habitan (Botello y Páez-Osuna, 1986). Estos ecosistemas son sumamente frágiles y han ido sufriendo transformaciones muy notables, ocasionadas por la represa de los ríos, el cierre de las comunicaciones entre las lagunas y el mar, y por los vertimientos de los desechos municipales e industriales; los cuales contienen diversos contaminantes entre

los que destaca la presencia de metales (Villanueva y Botello, 1992). La mayoría de los metales biológicamente activos o potencialmente tóxicos son miembros de la familia de los elementos conocidos como de transición dentro de la tabla periódica; son altamente reactivos y por lo tanto fácilmente acumulados en minerales y organismos en el ambiente acuático (Mandelli, 1979). Dentro de los metales se encuentran muchos que forman parte de los sistemas biológicos, pero que al aumentar sus niveles o al cambiar su forma química pueden convertirse en tóxicos tal es el caso del cobre, cobalto, cromo, zinc, fierro y vanadio.

Los metales en el agua pueden encontrarse en forma disuelta, en forma coloidal o bien adheridos a materiales en suspensión como la materia orgánica.

Algunos procesos biológicos en el ambiente pueden servir de mecanismos para movilizar metales, que de otra manera, se hubieran perdido en los sedimentos; en este sentido, la acción bacteriana tiene un importante papel en la movilización de metales tóxicos en el medio acuático. Sin embargo, debido a la facilidad que tienen los metales para formar complejos con la materia orgánica, tienden a fijarse en los tejidos de los organismos expuestos; este es uno de los problemas más graves que los metales presentan como contaminantes dentro del medio acuático.

Así, el principal objetivo de este trabajo fué determinar los niveles de concentración Cobre, Cobalto, Cromo, Níquel, Zinc, Cadmio y Plomo; en su forma total y biodisponible en los sedimentos y los tejidos de algas, pastos, ostiones y mejillones de la Laguna de Sontecomapan, debido a su importancia ecológica y pesquera, además de los impactos negativos que pudiera causar la contaminación por metales en esta laguna.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Sontecomapan pertenece a la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Martha en Veracruz. Su localización está entre los 18° 30' N y 94° 02' W (Fig. 1). Es una pequeña laguna de origen tectónico, tiene una forma irregular y una extensión aproximada de 12 km a lo largo con 1.5 km de ancho; su comunicación permanente con el mar es a través de un solo canal angosto. El fondo en general, es somero con un promedio de 1.5 m de profundidad y en los canales llega hasta 2.0 m. Diversos afluentes aportan agua dulce y están distribuidos en diferentes puntos de la laguna. El efecto de los ríos está estrechamente relacionado con las condiciones y variaciones climáticas de la región, éstas son del tipo cálido-húmedo con régimen de lluvias en verano y parte de

otoño, con influencia de monzón y un alto porcentaje de lluvia invernal. La precipitación total anual se encuentra entre los 3,000 y 4,000 mm, febrero y marzo son los meses más secos, y septiembre el más lluvioso con más de 600 mm. En cuanto a la salinidad se observa un gradiente decreciente de la barra hacia la zona sur donde se encuentra la desembocadura del río Coscuapan. La vegetación vascular característica de la laguna se destaca como un cinturón de manglares entremezclados con fanerógamas halófilas. Es importante hacer mención de la presencia de la fanerógama marina *Ruppia maritima* la cual se distribuye ampliamente en diversos sectores del área lagunar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el período del estudio (Marzo 1991- Agosto 1992) se realizaron 6 colectas cubriendo las épocas de secas, lluvias y nortes. En el sistema lagunar se establecieron 10 puntos de muestreo en los cuales se tomaron muestras de sedimentos, algas, fanerógamas marinas, ostiones y mejillones.

En cada una de las estaciones se determinaron parámetros como: temperatura, salinidad, pH, profundidad y transparencia.

Los sedimentos se colectaron con una draga Van Veen de 2 litros de capacidad, únicamente se tomó la parte central del sedimento que no entró en contacto con las paredes de la draga.

Los organismos fueron extraídos manualmente; de los bivalvos se tomó una muestra de 25 individuos de las especies *Crassostrea rhizophorae* y *Brachidontes exustus*. Mientras que de *Cladophoropsis membranacea* y *Ruppia maritima* se extrajo un lote de aproximadamente 30 cm².

Los parámetros hidrológicos se midieron de la siguiente manera: la temperatura con un termómetro de campo marca Taylor, la salinidad con un refractómetro, el pH se obtuvo con un potenciómetro de campo marca Piccolo, y la profundidad y transparencia con un disco de Secchi.

Todas las muestras se preservaron a una temperatura de 4 °C hasta su posterior proceso en el laboratorio. En el laboratorio los sedimentos se secaron a 60 °C durante 36 horas, después se molieron y homogeneizaron. Se utilizaron 0.5 g de sedimento y se siguió la técnica propuesta por Loring y Rantala (1977) modificada por Páez-Osuna (1988), la cual consiste en una digestión ácida con agua regia invertida 3:1 (HNO₃, HCl) en bombas de teflón (PTFE) a 100 °C con una variación de ±10 °C durante 18 horas.

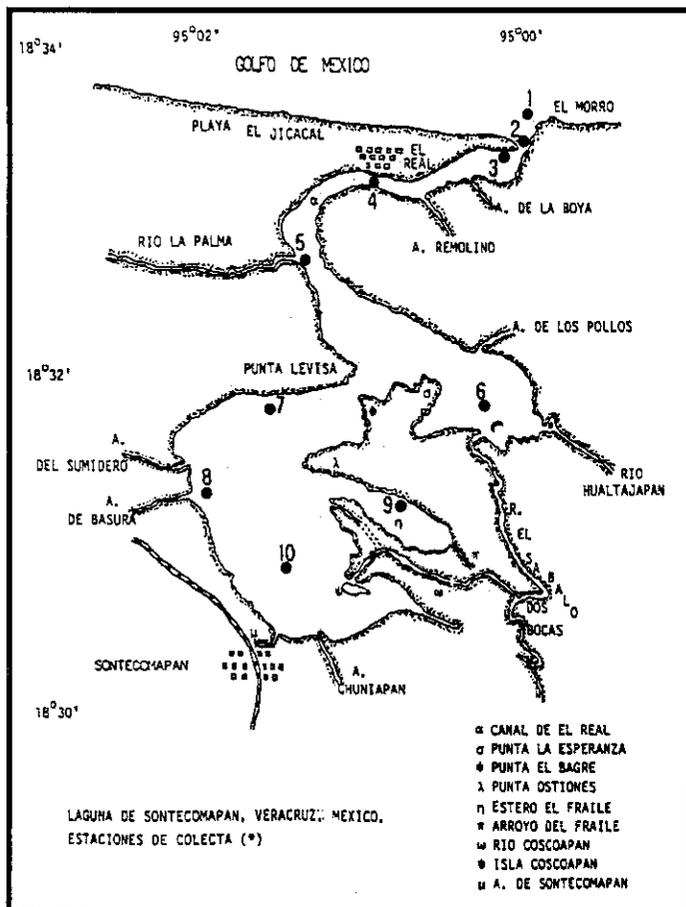


Figura 1. Localización de los sitios de colecta (sedimentos, agua y organismos) en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México.

Para las fracciones biodisponibles se pesaron 2 g de sedimento, se les agregó 25 ml de CH_3COOH al 25 % a que se digirieran durante 24 horas en matraces erlenmeyer (Agemian y Chau, 1976).

Los organismos fueron macerados en su totalidad, y se analizaron siguiendo la técnica propuesta por Goldberg *et al.* (1983) modificada por Páez-Osuna (1990), secando el tejido a 100 °C y digiriéndolo con HNO_3 concentrado a temperatura ambiente e incinerándolo en la mufla a 180 °C durante 2 horas. Las lecturas de los elementos se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica de emisión flama Shimadzu modelo AA-63012 empleando una curva de calibración de estándares para los organismos. Tanto las muestras de sedimento como las de los organismos se realizaron por duplicado.

La materia orgánica se obtuvo por el método de Gaudette, *et al.* (1974), el cual consiste en la titulación del exceso de dicromato de potasio usado en la oxidación de la materia orgánica con una solución 0.5 N de sulfato ferroso.

Los carbonatos se calcularon midiendo el volumen de CO_2 desplazado al reaccionar la muestra de sedimento con una solución de HCl al 50 %. Para ello fue utilizada una modificación del Calcímetro de Bernard siguiendo la técnica usada por Alvarez (1983).

Para la determinación de los porcentajes de gravas, arenas, limos y arcillas se siguió la técnica de pipetas y tamices propuesta por Folk (1974).

Se realizaron pruebas de correlación entre los mismos metales, con metales y materia orgánica, y finalmente entre metales y tipo de sedimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros hidrológicos

En la tabla 1 se presentan los valores de los parámetros hidrológicos, los cuales están estrechamente relacionados con el desarrollo de los organismos y con los procesos bioquímicos en la acumulación de algunos metales (Phillips, 1977). Los resultados indican que este sistema lagunar es somero con una profundidad máxima promedio de 2.7 m, y

Tabla 1. Promedios de los parámetros ambientales en la laguna de Sontecomapan, Veracruz. (Ciclo 1991-1992).

Epoca	Profundidad (m)	Transp. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	pH
Secas	2.70	1.01	25.37	13.66	7.94
Marzo 91	(1.4-6.0)	(0.5-1.5)	(24-27)	(8.1-24.9)	(7.5-8.1)
Desv. est. ±	1.49	0.37	1.09	5.69	0.21
Lluvias	2.03	0.55	22.62	1.0	6.95
Julio 91	(0.7-4.0)	(0.1-1.0)	(20-25)	(0.0-4.0)	(6.7-7.3)
Desv. est. ±	1.32	0.33	1.84	1.84	1.33c
Lluvias		0.72	28.50	1.91	6.80
Sept. 91	*	(0.6-0.7)	(25-30)	(0-3)	(6.5-7.0)
Desv. est. ±		0.06	1.87	1.02	0.17
Nortes	1.14	0.63	26.06	0.42	7.44
Nov. 91	(0.9-1.45)	(0.2-1.1)	(24-28)	(0-2)	(6.5-8.0)
Desv. est. ±	0.22	0.31	1.52	0.78	0.64
Secas	1.70	0.81	28.62		7.71
Marzo 92	(1.0-3.0)	(0.4-1.4)	(27-31)	*	(6.8-8.6)
Desv. est. ±	0.79	0.29	1.24		0.60
Lluvias	1.26	0.31	29.17	3.12	6.98
Julio 92	(0.6-2.5)	(0.1-0.6)	(27-30)	(0-0.25)	(6.4-7.8)
Desv. est. ±	0.55	0.15	1.28	8.83	0.44

* No se realizó el análisis.

Desv. est. ± = Desviación estandar.

Entre paréntesis valores mínimos y máximos.

un promedio mínimo de 1.14 m. La transparencia mostró su valor máximo en la temporada de secas (Marzo, 1991) con 1.01 m y el valor mínimo en la época de lluvias de 1992, con 0.31m. La temperatura más alta se registró en Agosto de 1992 en la boca de la laguna y la mínima en la estación que corresponde al estero del Fraile (Fig.2). El gradiente de salinidad disminuyó desde la desembocadura del sistema lagunar hacia el cuerpo principal. Con respecto al pH se observó que no existen cambios drásticos a lo largo del ciclo, ya que el intervalo en el que se presentó fue de 6.80 a 7.94.

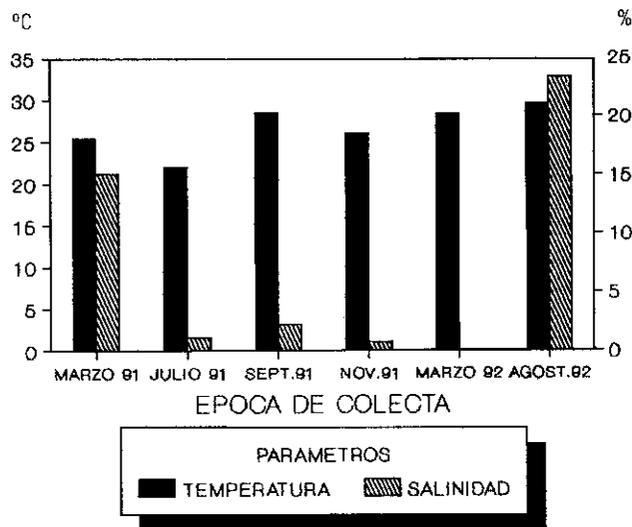


Figura 2. Promedios de temperatura y salinidad registrados durante los muestreos.

Sedimentos

El análisis granulométrico del área lagunar indica que las arenas fueron el tipo de sedimento que dominaron con un 55.38 %, las arcillas con 25.51 %, los limos 15.89 % y la grava 3.242 %. (Fig.3). El porcentaje de materia orgánica se determinó en los seis muestreos realizados en el ciclo 1991-1992. Se nota que conforme el tipo de sedimento va presentando cambios, las concentraciones de este parámetro varían. Las estaciones 6, 8, 9 y 10 fueron las que registraron los valores más altos, con un promedio final de: 1.76, 2.30, 2.38 y 3.17 % respectivamente. Por ejemplo, la estación 6 ubicada entre el arroyo de los Pollos, el río Hualtájan y el Río el Sábalo; la estación 8 está influenciada por los arroyos de Basura y del Sumidero. La estación 9 corresponde al Estero del Fraile y por último la estación 10 que se ubica cerca del poblado de esta localidad y de los arroyos Chuniapán y Sontecomapan y como se sabe los aportes de tipo fluvial contienen un alto porcentaje de carbono orgánico, del tipo particulado (Libes, 1992). La época en donde se registró el valor más alto de materia orgánica, durante las lluvias

(Septiembre, 1991), ya que durante esta temporada el aporte del detrimento vegetal y animal es mayor, debido a que es arrastrado a través de las corrientes hacia el sistema lagunar. Es importante señalar que la laguna está rodeada en su mayor parte por manglar y varias especies de macrofitas y en el área lagunar existen fanerógamas marinas, las cuales juegan un papel importante como fuentes de material orgánico.

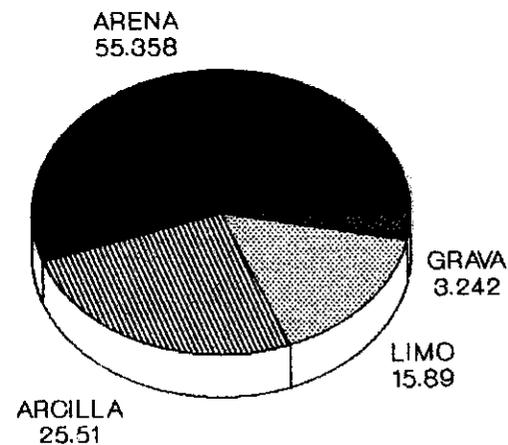


Figura 3. Granulometría de la laguna (valores promedio).

La correlación entre la materia orgánica y el tipo de sedimento demuestra que existe una estrecha relación con los limos y las arcillas ya que los valores de r fueron mayores de 0.9; no así con las arenas donde existe una relación inversa. (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre el tipo de sedimento y la materia orgánica, en la laguna Sontecomapan, Veracruz, (Ciclo 1991-1992).

Epoca	Grava/M.O.	Arena/M.O.	Limo/M.O.	Arcilla/M.O.
Secas (Marzo) 1991	-0.402	0.728	0.735	0.675
Lluvias (Julio) 1991	-0.280	-0.788	0.738	0.740
Nortes (Nov.) 1991	-0.599	-0.884	0.727	0.950
Secas (Marzo) 1992	-0.466	-0.912	0.932	0.832
Lluvias (Agosto) 1992	-0.267	-0.955	0.916	0.868

M.O. = Materia orgánica.

En la tabla 3 se presentan los valores promedio de la concentración total de los metales analizados en los sedimentos del sistema lagunar para 1991 y 1992.

El níquel, el cromo y el zinc fueron los elementos con niveles totales mayores en los muestreos realizados durante 1991. Estos resultados muestran que las estaciones con los niveles más altos fueron aquellas en donde el sedimento dominante es del tipo limoso o arcilloso.

Durante 1991, se nota que en la temporada de lluvias (Julio, 1991) se incrementa la concentración de los metales analizados, con excepción del cadmio el cual no fue posible detectarlo. Para 1992 los metales que presentaron las concentraciones más elevadas fueron cromo, cobre, cobalto y zinc (Fig.4) En este ciclo no se establecieron diferencias significativas por colecta. Como se sabe la presencia de metales en ambientes costeros se asocia a las diversas actividades humanas y/o a los aportes de los desechos de combustibles utilizados por motores de combustión interna, entre otros (Villanueva 1987; Ponce-Vélez y Botello, 1991).

Las fracciones "biodisponibles" en los sedimentos son aquellas formas de los metales fácilmente intercambiables en la columna de agua y que representan el verdadero riesgo para los organismos que están en contacto con ellas, ya que pueden incorporarlos y bioacumularlos en sus tejidos. Los valores determinados para estas fracciones no mostraron

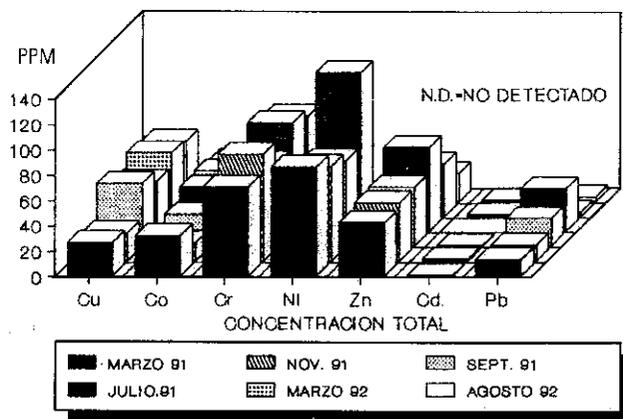


Figura 4. Concentración de los metales en relación al tiempo.

Tabla 3. Concentraciones promedio de metales totales en sedimentos de la laguna de Sontecomapan, Veracruz (ppm/peso seco).

n=8	Cu	Co	Cr	Ni	Zn	Cd	Pb
Marzo 1991							
C. Total Prom.	26.00	31.50	69.90	85.60	41.80	0.5	12.90
V. Min-Máx	(5.6-60.60)	(24.0-42.8)	(39.2-113.8)	(29.4-145)	(15.4-74.9)	(<0.3-0.5)	(<3.5-19.8)
Desv. est. ±	20.36	7.10	26.47	40.36	24.23	0	5.42
Julio 1991							
C. Total Prom.	39.70	34.60	85.70	124.00	66.30	<0.3	33.50
V. Min-Máx	(10.8-85.0)	(24.6-48.2)	(36.8-150.6)	(44.6-269.6)	(36.8-104.4)		(16.7-48.02)
Desv. est. ±	30.65	9.93	44.01	70.67	30.01		11.86
Septiembre 1991							
C. Total Prom.	49.50	25.10 65.	60	67.30	46.40	0.54	21.80
V. Min-Máx	(5.80-100)	(4.0-31.6)	(14.7-104.9)	(12.3-103-7)	(11.8-73.3)	(<0.3-0.60)	(<3.3-22.60)
Desv. est. ±	31.28	10.91	33.49	38.11	26.32	0.25	14.62
Noviembre 1991							
C. Total Prom.	22.00	14.10	84.00	74.40	45.90	1.70	12.40
V. Min-Max	(<1.0-43.20)	(<2.0-24.80)	(15.6-127.4)	(16.80-132.1)	(14.5-88.6)	(1.5-2.70)	(<3.3-21.6)
Desv. est. ±	19.41	9.13	40.49	42.65	26.39	0.40	6.08
Marzo 1992							
C. Total Prom.	50.09	35.73	78.89	9.08	41.56	1.73	3.66
V. Min-Max	(23.81-80.82)	(19.09-51.15)	(41.91-112.54)	(<8.0-51.15)	(12.3-71.9)	(1.52-1.94)	(<3.3-9.21)
Desv. est. ±	25.10	12.16	26.54	17.48	23.76	0.12	2.92
Agosto 1992							
C. Total Prom.	47.65	32.98	66.13	8.04	22.50	1.27	3.67
V. Min-Max	(<1.0-131.4)	(18.14-49.72)	(29.51-103.8)	(<8.0-12.62)	(<2.0-45.06)	(<0.3-2.0)	(<3.5-5.0)
Desv. est. ±	41.15	12.35	28.30	4.90	14.40	0.57	0.83
Límite de detección	1.0	2.0	2.0	8.0	2.0	0.3	3.3

V=Valor; Min.=Mínimo; Max=Máximo; C. Total Prom.= Concentración total promedio y Desv. est. ± =Desviación estandar.

diferencias significativas en las seis colectas realizadas. Sin embargo los metales que en forma "biodisponible" presentaron altos niveles fueron: zinc, níquel, cobalto y cromo (figura 5 y tabla 4).

Organismos

El alga analizada (*Cladophoropsis membranacea*), presenta ventajas para considerarla como un bioindicador adecuado en la acumulación de metales, ya que posee un tamaño que permite la colecta de grandes cantidades de su tejido, además de ser totalmente sésiles (Levine, 1984).

Esta especie presentó concentraciones altas de zinc, lo cual se debe a que tanto el zinc como el hierro son los elementos con mayor biodisponibilidad (Olmos, 1992). De

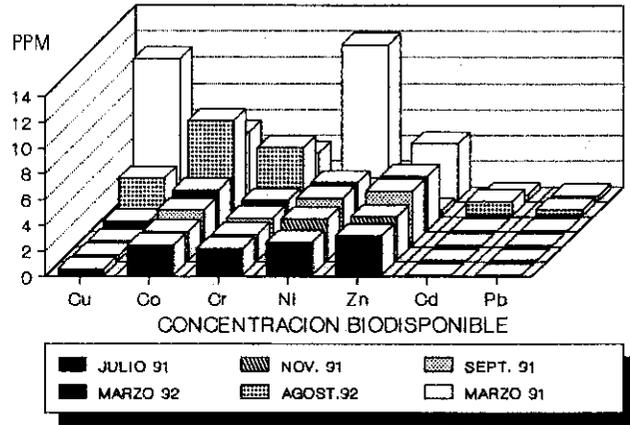


Figura 5. Concentración de metales "biodisponibles" en relación al tiempo.

Tabla 4. Concentración promedio de metales biodisponibles en sedimentos de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, (ppm/peso seco).

n=8	Cu	Co	Cr	Ni	Zn	Cd	Pb
Marzo 1991							
C. Biod. Prom.	0.73	3.13	2.33	3.70	4.18	<0.15	<0.35
V. Min-Max	(<0.3-1.56)	(<1.0-5.78)	(<0.5-4.84)	(<1.5-6.90)	(0.81-8.91)	<0.15	<0.35
Desv. est. ±	0.57	1.77	1.42	1.85	2.52		
Julio 1991							
C. Biod. Prom.	0.51	2.34	2.09	2.58	3.09	<0.15	<0.35
V. Min-Max	(<0.3-0.87)	(<1.0-4.83)	(<0.5-4.37)	(<1.5-4.90)	(0.68-5.77)	<0.15	<0.35
Desv. est. ±	0.25	1.56	1.50	1.24	1.82		
Septiembre 1991							
C. Biod. Prom.	0.36	2.74	2.15	3.64	4.21	<0.15	<0.35
V. Min-Max	(<0.3-0.83)	(<1.0-5.79)	(<0.4-4.61)	(<1.5-6.77)	(1.07-8.41)	<0.15	<0.35
Desv. est. ±	0.34	1.99	1.63	2.59	3.11		
Noviembre 1991							
C. Biod. Prom.	0.41	2.24	2.04	3.20	3.37	<0.15	<0.35
V. Min-Max	(<0.3-0.82)	(<1.0-4.49)	(<0.5-3.99)	(<1.5-6.18)	(0.88-6.71)	<0.15	<0.35
Desv. est. ±	0.22	1.49	1.33	1.71	1.93		
Marzo 1992							
C. Biod. Prom.	2.87	7.35	5.24	1.96	8.44	1.09	0.45
V. Min-Max	(2.15-3.83)	(3.29-15.67)	(2.99-8.80)	(<1.5-1.96)	(4.04-15.43)	(<0.15-1.61)	(<0.35-0.66)
Desv. est. ±	0.50	4.15	1.86	0	4.60	0.68	0.24
Agosto 1992							
C. Biod. Prom.	10.92	5.28	3.65	12.00	4.40	0.44	0.35
V. Min-Max	(2.3-28.73)	(2.07-10.46)	(2.30-4.64)	(<1.5-12.0)	(<0.3-11.6)	(<0.15-1.22)	(<0.35-0.44)
Desv. est. ±	11.32	2.82	0.89	0	3.26	0.61	0.08
Límite de detección	0.3	1.0	0.5	1.5	0.3	0.15	0.35

V=Valor; C. Biod. Prom.=Concentración biodisponible promedio; Min=Mínimo; Max=Máximo; Desv. est. ± =Desviación estandar.

los metales restantes todos fueron detectados, pero comparados con el zinc sus niveles se consideran bajos.

La fanerógama marina (*Ruppia maritima*) colectada en este sistema lagunar al igual que la especie anterior presentó una mayor concentración de zinc, después cobre y cromo. Pulich (1980) determinó en la especie *Halodule wrightii* que concentraciones importantes de zinc, fierro y cobre se encuentran muy relacionadas por las características que comparten en su configuración electrónica, y también se reporta la presencia de cadmio y plomo aunque en niveles más bajos que los determinados en este trabajo.

El ostión de mangle (*Crassostrea rhizophorae*) se colectó en las épocas de secas como en la de lluvias en 1992 en la estación 3. La concentración de metales determinada indica que el zinc presentó un promedio de 172.99 ppm, el cobre 25.72 ppm, y el cromo 6.23 ppm. Los otros elementos se detectaron en bajas concentraciones.

En el mejillón (*Brachidontes exustus*) el zinc, cromo y cobalto fueron los metales con mayor concentración. Sin embargo, los elevados niveles de zinc en los bivalvos están asociados al calcio que se encuentra en el medio circundante, ya que existe una competencia entre estos elementos por introducirse en el interior de la célula a través de la bomba de calcio; así como también existen grandes requere-

mientos de calcio por parte de estos organismos para la formación de sus conchas y de las enzimas implicadas en este proceso que dependen de la presencia del zinc (Coombs, 1972 y 1974); otros metales como el cromo III y el cobre forman parte de los metales esenciales en los organismos, y son bioacumulados en la biota en niveles más elevados que los de la columna de agua que los rodea (Fig. 6).

En general, los organismos analizados no presentaron altas concentraciones en el contenido de metales, comparados con trabajos previos (cuadro I) y puede apreciarse

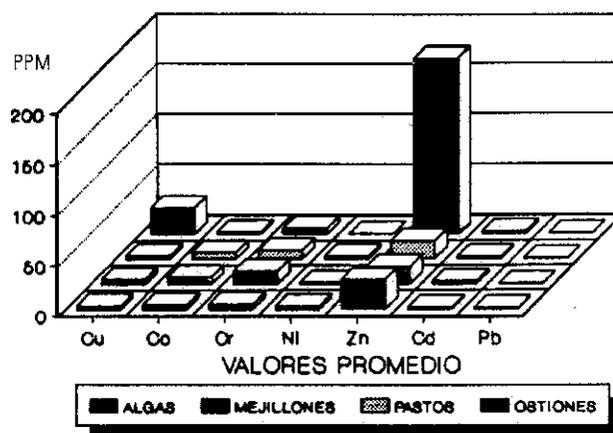


Figura 6. Valores promedio de los metales en los organismos colectados en la laguna.

Cuadro I Concentraciones promedio de metales en tejidos de moluscos bivalvos en el Golfo de México. (ppm/peso seco).

ESPECIE Y LOCALIDAD	Cu	Co	Cr	Ni	Zn	Cd	Pb	Referencia
<i>Crassostrea virginica</i>								
L. Sn. Andrés, Tamps.	52.45	--	--	4.31	3205.63	2.76	5.85	Vázquez <i>et al.</i> , 1991.
L. del Ostión, Ver.	--	--	--	84.00	--	N. D.	--	Villanueva, 1987.
L. de Términos, Camp.	--	--	--	--	101.13	--	--	Botello <i>et al.</i> , 1979.
L. de Términos, Camp.	153.62	3.04	4.02	22.94	1101.23	5.33	2.19	Hicks, 1976
L. de Términos, Camp.	157.70	3.51	6.70	11.15	679.40	3.70	5.80	Ponce-Vélez, 1988.
Tampamachoco, Ver.	--	--	0.89	--	--	2.06	1.86	Rosas <i>et al.</i> , 1983
Mandinga, Ver.	--	--	2.24	--	--	1.54	3.03	Rosas <i>et al.</i> , 1983.
L. de la Mancha, Ver.	247.43	3.59	5.13	2.52	650.45	1.34	3.24	Botello, 1993.
L. de Términos, Camp.	284.0	--	--	586.0	--	4.40	7.70	Vázquez <i>et al.</i> , 1993.
L. de Mandinga, Ver. 1	31.77	5.0	2.49	6.57	605.68	3.61	11.61	Hernández, 1994.
<i>Crassostrea rhizophorae</i>								
L. del Ostión, Ver.	59.0	--	--	147.0	--	--	--	Villanueva, 1987.
L. de Sontecomapan, Ver.	25.72	2.06	6.23	0.65	172.99	2.48	0.29	Este estudio
<i>Brachidontes recurvus</i>								
L. de la Mancha, Ver.	3.44	1.75	3.75	3.44	149.98	0.83	1.89	Botello, 1993.
L. de Mandinga, Ver.	11.81	2.77	4.69	3.30	21.85	0.72	1.18	Botello, 1993.
L. de Mandinga, Ver.	8.51	9.22	0.96	3.47	40.41	1.29	7.17	Hernández, 1994.
<i>Brachidontes exustus</i>								
L. de Sontecomapan, Ver.	4.20	5.74	9.93	1.13	15.14	2.28	0.43	Este estudio

N.D. = No detectado
 -- = No determinado

que el níquel a pesar de hacerse presente en niveles considerables en los sedimentos no lo hace en los organismos lo que corrobora que este metal es el más móvil y el que menos tendencia tiende a bioconcentrarse (Olmos, 1992).

Por lo tanto, la laguna de Sontecomapan, Veracruz; puede ser considerada como una laguna no contaminada por metales tóxicos que pudieran poner en riesgo a las especies que la habitan, ni tampoco se manifiestan en los organismos de importancia pesquera procesos de bioacumulación de metales que pueden ser transferidos a niveles tróficos superiores incluyendo al hombre.

LITERATURA CITADA

- AGEMIAN, H. y A.S. CHAU, 1976. Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. *Analyst* 101 (1207):761-767.
- ALVAREZ, R.U., 1983. Distribución de Metales Pesados en sedimentos del Río Blanco, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar, UNAM. México 68 p.
- BOTELLO, A.V., E. HICKS y E.F. MANDELLI, 1979. Estudios preliminares sobre los niveles de algunos contaminantes de la laguna de Términos, Campeche, México. II Simposio CICAR. Progress in the Research of the Caribbean and Adjacent Regions. FAO Fishery Report No. 200 (Suppl.): 267-289.
- BOTELLO, A.V. y F. PÁEZ-OSUNA, 1986. El problema crucial: la contaminación. En: *Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos, Centro de Ecodesarrollo, México Vol. 1*: 62-85.
- BOTELLO, A.V., 1993. Estudio Geoquímico y diagnóstico ambiental de las lagunas de los alrededores de la Central Nucleoeléctrica, Laguna Verde; Veracruz. Informe Final 1992-1993. Comisión Federal de Electricidad/ICMyL/UNAM. Nov. 1993.
- COOMBS, T.L., 1972. The distribution of zinc in the oyster *Ostrea edulis* and its relation to enzymic activity and to other metals. *Marine Biology* 12:170-178
- COOMBS, T.L., 1974. The nature of zinc and copper complexes in the oyster *Ostrea edulis*. *Marine Biology* 28:1-10
- CONTRERAS, E., F., 1985. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México.
- FOLK, R.L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Pub. Co. Austin, 182p.
- GAUDETTE, H.E., W.R. FLIGHT, L. TORNER y D.W. FOLGER, 1974. An inexpensive tritration method for the determination of organic carbon recent sediments. *Journal Sediments Petrology*, 44(1): 249-253.
- GOLDBERG, E.D., M. KOIDE, V. HODGE, F.A. RUSSEL y J.H. MARTIN, 1983. U.S. Mussel Eatch: 1977-1978. Result on trace metals and radionuclides. *Estuarine Coast and Shelf Science* 16: 69-93.
- HERNÁNDEZ, A.E., 1994. Evaluación de Metales en la Laguna de Mandinga, Veracruz. Informe Final. 1993-1994. UAM-Iztapalapa. 1994. 30p.
- HICKS, E.A., 1976. Variación estacional en la concentración de elementos metálicos en ostiones de la laguna de Términos, Campeche, México. Tesis Profesional. Facultad de Química, UNAM, México, 50 p.
- LEVINE, H.G., 1984. The use of seaweeds for monitoring coastal waters Cap. 6:189-210. In: *Algae as ecological indicators*, L.E. SHUBERT (Edit.) London Academic Press.
- LIBES, S.M., 1992. *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Wiley and Sons. Inc. U.S.A. 1992. 129p.
- LORING, D.H. y R.T.T. RANTALA, 1977. Geochemical analysis of marine sediments and suspended particulate matter. Fisheries and Marine Services. Technical Report No. 700. Department of Fisheries and the Environment, Canada. 58 p.
- MANDELLI, E.F., 1979. Contaminación por metales pesados. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*. 10: 209-228.
- OLMOS-AGUILERA, T.C., 1992. Variación temporal de las concentraciones de metales pesados en el ostión *Crassostrea gigas* cultivado en Bahía San Quintín, B.C., México. Tesis de Maestría CICESE, 5p.
- PÁEZ-OSUNA, F. y J.I. OSUNA-LÓPEZ, 1990. Heavy metals distribution in geochemical fractions of surface sediments from the lower Gulf of California. *Anales Instituto Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 17(2): 287-298.
- PHILLIPS, D.J.H., 1977. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. *I y II. Marine Biology* 38(1): 59-69 y 71-80.
- PONCE-VÉLEZ, G., 1988. Evaluación de metales pesados en sedimentos recientes y tejidos del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791) de la Laguna de Términos Campeche, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México 8pp.
- PONCE-VÉLEZ, G. y A.V. BOTELLO, 1991. Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Laguna de Términos, Campeche. *Hidrobiológica* 1(2):1-10.
- PULICH, M.W., 1980. Heavy metals acumulation by selected *Halodule wrightii* ASH population in the Corpus Christi Bay Areas. *Marine Science* 23: 89-100.
- RDSAS, P.I., A. BÁEZ y R. BELMONT, 1983. Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water air and soil Pollution* 20: 127-135.

- VÁZQUEZ, F., M. SÁNCHEZ, H. ALEXANDER y D. DELGADO, 1991. Distribution of Ni, V, and Petroleum Hydrocarbons in Recent Sediments from the Veracruz Coast, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 46: 774-781.
- VÁZQUEZ, F., M. SÁNCHEZ y S. VIRENDER, 1993. Trace Metals in the Oyster *Crassostrea virginica* of the Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 26 (7): 398-399.
- VILLANUEVA, F.S., 1987. Evaluación de Metales Pesados en los Sedimentos y Organismos del Río Coatzacoalcos y Areas adyacentes, Veracruz, México. Tesis Profesional ENEP-Zaragoza, UNAM. México p.
- VILLANUEVA, F.S. y A.V. BOTELLO, 1992. Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: Una Revisión. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 8(1): 47-61.

Recibido: 30 de junio de 1994.

Aceptado: 13 de diciembre de 1994.