

An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín	22	60 - 68	Santa Marta-Colombia, 1993	ISSN 0120-3959
------------------------------------	----	---------	----------------------------	----------------

METALES PESADOS EN LA BAHIA DE MANATI, CUBA

José M. Hernández y Humberto González

RESUMEN

Las concentraciones de Cu, Pb, Zn, Fe, Mn y materia volátil fueron determinadas en sedimentos superficiales y testigos, materia en suspensión y el ostión *Crassostrea rizophorae* en la bahía de Manatí, Cuba. La normalización de los contenidos de metales en sedimentos, respecto a la materia volátil, facilitó la interpretación de los resultados y permitió distinguir la afectación por Cu y Zn en la zona de vertimiento de los residuos de una central azucarera y el poblado de Manatí. La especie analizada, aunque mostró variaciones estacionales a lo largo del período estudiado, no reflejó su utilidad como bioindicadora de contaminación por los metales estudiados, lo que parece motivado por las condiciones ambientales de la zona.

ABSTRACT

Copper, lead, zinc, iron, manganese and volatile matter concentrations were determined in surface sediments samples, a dissected sediment core, suspended matter and in the oyster *Crassostrea rizophorae*, taken from Manatí Bay, Cuba. In sediments, normalization of heavy metal contents to volatile matter expedited the interpretation of results and allowed to distinguish the discharge zone of waste waters from a sugar cane factory and the Manatí village as affected by Cu and Zn. The studied species showed seasonal variations during the period, but was not useful as bioindicator of heavy metal pollution; this fact seems to be caused by the environmental conditions of the zone.

INTRODUCCION

La Bahía de Manatí, situada en la costa nororiental de Cuba, presenta una limitada actividad humana en sus alrededores dada fundamentalmente por: una zona portuaria donde se operan fertilizantes, mieles y petróleo en pequeñas cantidades; actividad agrícola alrededor de su cuenca tributaria formada por varios ríos pequeños; el poblado de Manatí y una central azucarera, única industria en la zona. Estos dos últimos vierten sus residuales sin tratar a uno de estos ríos, el cual desemboca en la suroeste de la bahía, por lo que constituyen la principal fuente de

contaminación a este ecosistema marino.

La existencia de dos parques ostrícolas y abundante pesca de escamas con fines comerciales, así como su condición de refugio natural para el manatí, especie en veda permanente, han motivado que se emprendan estudios para conocer la situación actual de este ecosistema marino y proponer a las autoridades las medidas necesarias para impedir su progresivo deterioro.

Dada la potencial peligrosidad que representan los metales pesados para los organismos marinos (Forstner y Wittman, 1979), aún aquellos considerados esenciales, se estudió la distribución de Cu, Fe, Mn, Pb y Zn en una matriz biótica y dos abióticas del ecosistema. Estas últimas fueron sedimentos (superficiales y testigos) y materia en suspensión. Como organismo se seleccionó el ostión *Crassostrea rizophorae*, por presentar características adecuadas para el objetivo propuesto, entre las que vale destacar: sésil y de fácil colecta, vasta distribución tanto local como en la región del Caribe y rápida respuesta a variaciones de concentración de contaminantes en el medio, dado fundamentalmente a que es un organismo filtrador (Rezende y Lazerda, 1986).

MATERIALES Y METODOS

La Bahía de Manatí presenta configuración de bolsa con una extensión de 42 km² y profundidades que varían en su interior entre 1 y 7 metros y aumentan hasta 20 metros en el canal de entrada donde se encuentra la zona portuaria. Fue diseñada una red de 19 estaciones para los sedimentos superficiales, de la cual se eligieron tres para colectar los organismos y materia en suspensión (Fig. 1). Basado en los resultados de los sedimentos superficiales, se colectó una muestra testigo en la estación 10.

Las muestras de sedimento fueron obtenidas manualmente con una espátula plástica en agosto de 1986 mediante buceo, colectadas en bolsas plásticas, y congeladas hasta su traslado al laboratorio. En éste, fueron secadas a 105°C, obtenida la fracción <63 mm mediante un tamiz plástico y se les realizó digestión con HNO₃/HCl (Mc Kown et al., 1978). Igual procedimiento se realizó para la muestra testigo, colectada en 1987, y la materia en suspensión, después que la primera fue subdividida en secciones de 5 cm de longitud, y que la segunda se obtuvo por filtración con membrana de 0.45 µm. Entre diciembre de 1986 y abril de 1988, bimensualmente fueron colectados organismos adultos, cuyas partes blandas se secaron a 105°C y se digirieron con HNO₃/H₂O₂ (Dalziel y Baker, 1983).

La concentración de los metales se cuantificó en un espectrofotómetro de absorción atómica SP-190 mediante llama aire/acetileno y el método de la curva de calibración. La materia volátil se obtuvo por ignición a 550°C, durante tres horas y fue empleada como variable para normalizar las concentraciones de los diferentes metales estudiados, ya que su utilidad con este propósito ha sido previamente reportada (González, 1989; Larsen et al., 1983; Robbe, 1984)

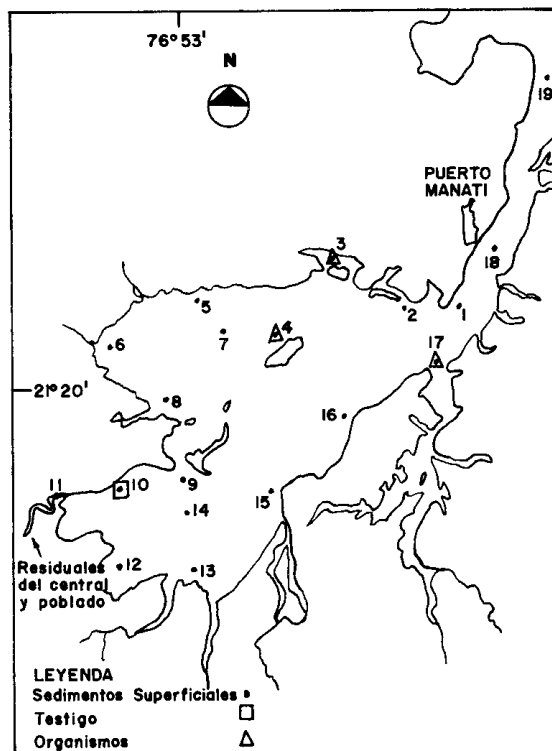


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo de la Bahía de Manatí.

RESULTADOS Y DISCUSION

Sedimentos superficiales: La tabla 1 presenta un resumen de los resultados; puede observarse que existe gran variabilidad de las concentraciones en el área de estudio. Para Mn y Fe, no considerados buenos indicadores de contaminación (Salomón y Forstner, 1984), los valores máximos no triplican al promedio mientras que para Pb, un indicador por excelencia de actividad humana (Forstner y Wittman, 1979; Salomon y Forstner, 1984; Yin y Fung, 1981), esta relación es inferior a 1.9, lo que sugiere que estos elementos no parecen constituir problemas importantes en la zona. Todo lo contrario sucede para Cu y Zn, los otros dos metales habitualmente considerados buenos indicadores de actividades antropogénicas; para ambos la estación 11 presenta las máximas concentraciones (que exceden en más de seis veces el promedio), pero es también la estación donde mayor es el contenido de materia volátil. Dada la importancia de ésta última al formar asociaciones con diferentes metales (Cato, 1989; Larsen et al., 1983; Thomson et al., 1984) y la posibilidad de obtener interpretaciones erróneas al analizar sólo las concentraciones absolutas (González, 1989), se realizó la normalización de todos los metales respecto a la materia volátil, resultados que se presentan resumidos en la tabla 2, y de forma gráfica, sólo para Cu, Zn y Pb, en la figura 2.

Tabla 1. Resumen de los resultados de sedimentos superficiales de la Bahía de Manatí; Fe y M. V. en %; entre paréntesis las estaciones de valores extremos.

Metal	\bar{X} ($\mu\text{g/g}$)	Intervalo	C.V.%
Cu	39	(19)2.2 - 245(11)	183
Fe	1.48	(19)0.14 - 3.79(9)	78
Mn	114	(10)2.4 - 294(15)	86
Pb	38	(13)15 - 59(10)	26
Zn	27	(4)1.2 - 163(11)	176
M.V.	21.6	(8)8.3 - 41.4(11)	43

Tabla 2. Resumen de los resultados normalizados respecto a la materia volátil para los sedimentos superficiales de la Bahía de Manatí.

Metal	\bar{X} ($\mu\text{g/g}$)	Intervalo	C.V.%
Cu	131	(19)17-696(10)	142
Fe	619	(19)107-1235(13)	54
Mn	52	(10)0.7-144(18)	75
Pb	21	(13)8.6-50(8)	52
Zn	91	(15)4.0-459(10)	138

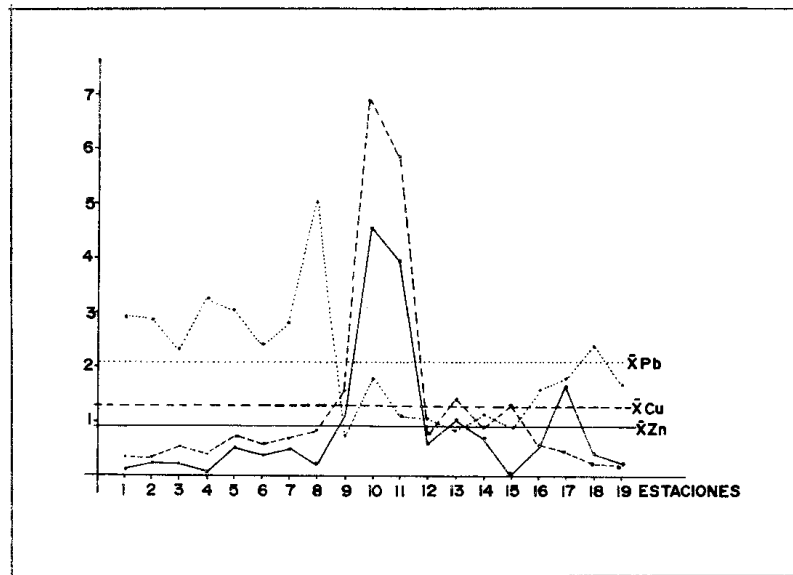


Figura 2. Concentraciones de Cu(- -), Pb (...) y Zn (—) en sedimentos superficiales, normalizados respecto a la materia volátil.

Al analizarlas, pueden obtenerse conclusiones coincidentes con las de la tabla 1:

- Para Fe, Mn y Pb, los valores máximos tampoco triplican los promedios.
- Para Cu y Zn, los máximos sobrepasan en más de cinco veces a los promedios, lo que indica que la diferencia es importante y corrobora la existencia de problemas con estos elementos.

Es ahora la estación 10 la más “comprometida” en lugar de la 11, aunque ambas difieren marcadamente del resto, ya que se encuentran en la zona directa de influencia de los vertimientos del poblado de Manatí y del central azucarero y éste, en el período de reparaciones realiza la limpieza de sus calderas, operación que origina residuales enriquecidos en Cu y Zn (Becerra et al., 1985).

La figura 3 exhibe las correlaciones lineales que resultaron significativas ($p < 0.05$ ó 0.01) entre los metales entre sí o con la materia volátil. Destacan las asociaciones de Cu y Zn entre sí y con la materia volátil lo que permitió calcular los factores de enriquecimiento (Robbe, 1984) para estos elementos en las dos estaciones problemáticas y que como ejemplo, es mostrado en la figura 4 para el Cu. Estos resultaron de 6.60 y 5.86 (estación 10) y 5.24 y 4.46 (estación 11) psts Cu y Zn respectivamente.

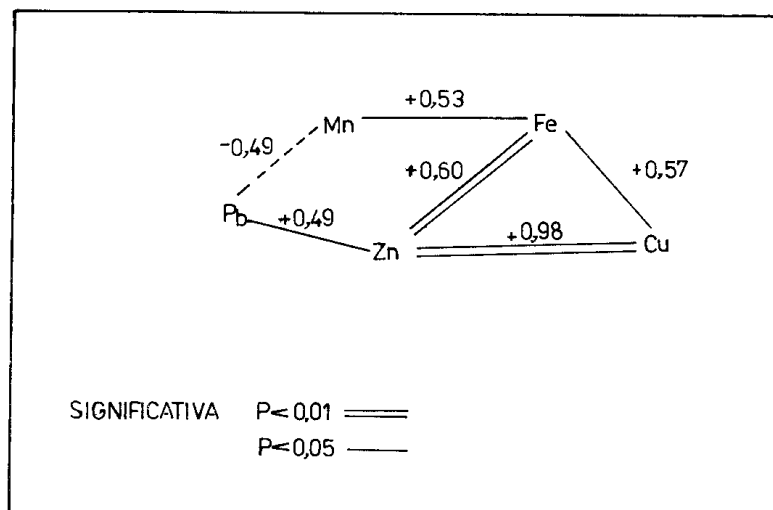


Figura 3. Correlaciones lineales entre las variables analizadas en sedimentos superficiales.

El cociente del factor de enriquecimiento de la estación 10 respecto al de la 11, muestra valores coincidentes de 1.26 (Cu) y 1.31 (Zn), resultado lógico si se considera que su origen contaminante es común. El resto de las correlaciones son menos importantes y tanto para Mn como Fe, no se les puede atribuir un origen contaminante.

En el caso específico del Pb, esta correlación no existe con el Cu, y sólo es significativa con el Zn ($p < 0.05$), a diferencia de otras zonas de fuerte contaminación mixta urbana-industrial como la bahía de La Habana y su litoral adyacente

(González, 1989), donde si aparecen fuertes correlaciones entre estos tres indicadores de presencia humana. Este hecho evidencia diferentes patrones de distribución en esta bahía, lo que parece ser motivado por sus diferentes orígenes.

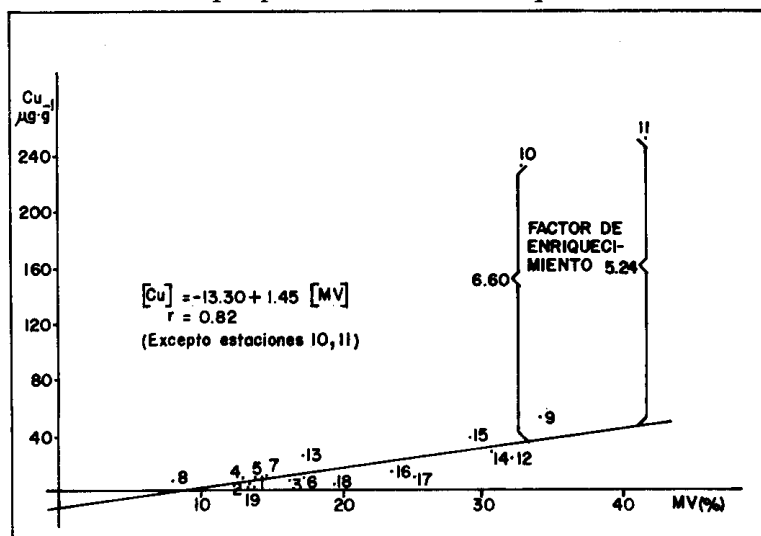


Figura 4. Ploteo bidimensional de Cu vs. materia volátil en sedimentos superficiales.

Por último, una comparación con las bahías cubanas de Cárdenas, Cienfuegos, Matanzas, Santiago de Cuba y La Habana (González, 1991), que han sido estudiadas con una metodología similar, lo que hace más válido el análisis, permite considerar a la bahía de Manatí relativamente limpia, excepto las zonas de las estaciones 10 y 11, respecto a Cu y Zn.

Sedimentos testigos: para Cu, Zn y Pb se observa un incremento significativo en las capas superficiales, fundamentalmente en los 5 cm superiores (Fig. 5). Esto permite plantear que las descargas producidas por el central azucarero y la actividad urbana del poblado de Manatí, han incrementado continuamente el aporte de estos metales.

Para el Mn se observa una tendencia contraria pues existe disminución de la concentración hacia la superficie. Este fenómeno fue previamente observado en sedimentos anóxicos (Lu y Chen, 1977) y se atribuyó a la migración del metal a través del agua intersticial. Aunque se desconocen las características redox de la muestra testigo, el área presenta valores elevados de materia orgánica, lo cual exige el consumo de oxígeno para su descomposición, por lo que deben predominar las condiciones reductoras que faciliten el proceso migratorio. Igual comportamiento fue hallado en la bahía de La Habana, en las ensenadas de Atarés y Marimelena, donde prevalecen condiciones anóxicas (González, 1989).

Crassostrea rizophorae y materia en suspensión: en el ciclo estudiado, los niveles medios de Pb en la materia suspendida son hasta tres veces superiores a los encontrados en la especie (tabla 3). Sin embargo, los de Cu y Zn se comportan de forma inversa, en especial para este último.

Tabla 3. Contenidos de metales pesados (en $\mu\text{g/g}$ peso seco) en *Crassostrea rizophorae* (C. r.) y materia suspendida (m. s.) en tres estaciones de la bahía de Manatí; valor medio (intervalo) coeficiente de variación (en %).

Metal	Estación 3	Estación 17	Estación 4
Cu C.r.	30(5.6-42)38	36(18-48)28	31(5.5-51)44
m.s.	19(15-23)15	21(15-27)16	21(11-37)35
Zn C.r.	1069(369-2585)70	1135(549-2500)59	1182(596-3783)97
m.s.	54(17-143)81	52(20-152)79	139(18-866)194
Pb C.r.	14(8.5-21)30	16(9.5-24)31	19(7.7-39)51
m.s.	48(21-81)38	47(23-111)57	57(22-114)54

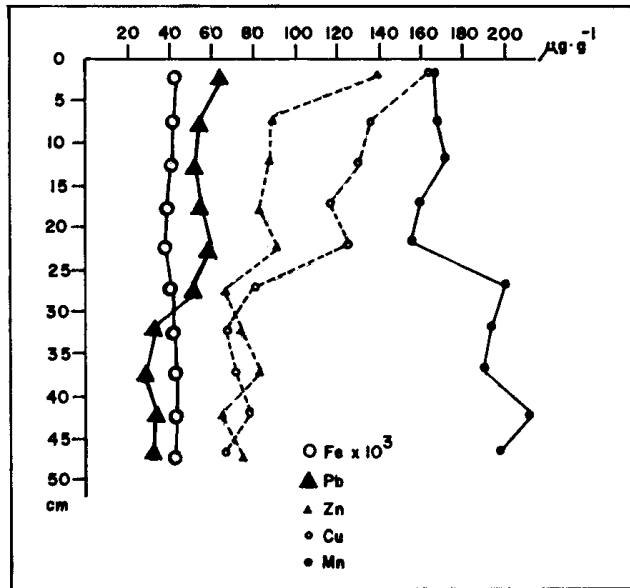


Figura 5 Perfiles de las concentraciones de metales en la muestra testigo de sedimento..

Aunque la estación 4 presenta (excepto para Cu en organismos) los mayores valores medios de metales y, además, se encuentra más cercana a la zona de la bahía donde están afectados los sedimentos (Fig. 1), no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) con las otras dos estaciones. Dos posibles explicaciones pueden darse a este resultado:

- En las estaciones muestreadas, las diferencias ambientales no son importantes y por tanto, no se manifiestan en los organismos.
- La especie no es capaz de reflejar la contaminación por metales pesados.

Como quiera que la utilidad de los moluscos bivalvos como bioindicadores de contaminación por metales, ha sido ampliamente demostrada (Eisler, 1981; Genest y Hatch, 1981), la primera hipótesis parece más lógica, aunque su confirma-

ción requeriría estudios adicionales.

Es de destacar que se observaron variaciones estacionales, con los máximos contenidos en verano (Fig. 6). Este resultado pudiera estar relacionado con efectos individuales o combinados de diferentes factores bióticos y abióticos como temperatura, precipitaciones y reproducción. Sin embargo, lo fundamental es que demuestra la necesidad de considerar la época de colecta al emplear este molusco con fines de bioindicador, resultado coincidente al de otras especies marinas cubanas de algas (Ramírez et al., 1990) y erizos (Ablanado et al., 1990)

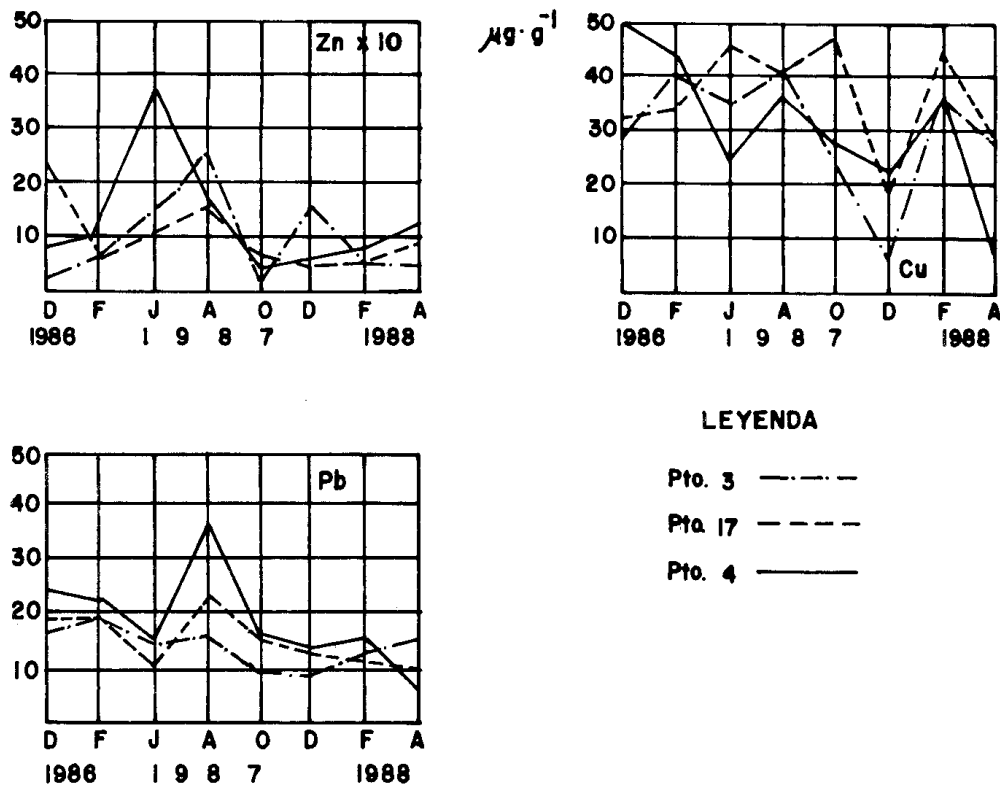


Figura 6. Concentraciones de metales pesados en *Crassostrea rizophorae* durante el periodo de estudio.

CONCLUSIONES

1. Los sedimentos de la bahía de Manatí no reflejan contaminación por Mn y Fe.
2. Para Pb y en especial Cu y Zn, existe un área impactada en la zona suroeste de la bahía; esta situación es provocada por los residuos combinados de un central azucarero y del poblado de Manatí.
3. El comportamiento del Mn en la muestra de sedimentos testigos, parece motivado por características reductoras de la zona afectada.
4. En las condiciones de la zona, la especie *Crassostrea rizophorae* no reflejó su

utilidad como bioindicadora de contaminación por metales estudiados.

BIBLIOGRAFIA

- Ablanado, N.; H. González; M. Ramírez e I. Torres, 1990. Evaluación del erizo de mar *Echinometra lucunter* como indicador de contaminación por metales pesados. *Aquatic Liv. Resor.*, 3(2): 113-120.
- Becerra, M.; H. González; G. Díaz; M. Espinosa y R. Alvarez. 1985. Pollution loads from electric power plants to the Havana Bay. *Environ. Protec. Engin.*, 11(1): 47-57
- Cato, I. 1989. Normalization of heavy metal data by the gradient method. ICES WG MSRP, Savannah, Georgia, WGMS/3.2.
- Dalziel, J. y C. Baker. 1983. Métodos analíticos para medir la presencia de metales pesados mediante espectrofotometría de absorción atómica: 15-22. En manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático. Parte 9. Análisis de presencia de metales y organoclorados en los peces. *FAO Doc. Téc.*, 212: 35 p.
- Eisler, R. 1981. Trace metal concentrations in marine organisms. Pergamon Press, New York, 685 p.
- Forstner, U. y G.T.W. Wittman. 1979. Metal pollution in the aquatic environment, Springer-Verlag, Berlin, 486 p.
- Genest, P.E. y W.I. Hatch. 1981. Heavy metal in *Mercenaria mercenaria* and sediments from the New Bedford Harbor Region of Buzzard's Bay, Massachusetts. *Bull. Environ. Contm. Toxicol.*, 26(1): 124-130.
- González, H. 1989. Estudio de la contaminación marina por metales pesados en algunas áreas cubanas. Tesis Doctor Cienc. Quím., CNIC, La Habana, 98 p.
- González, H. 1991. Heavy metal surveys in sediments of five important Cuban bays. *Biogeochemistry*, 14(2): 113-128.
- Larsen, P. F.; V. Zdanowicz; A.C. Johnson y L.F. Doggett. 1983. Trace metals in New England marine sediments: Casco Bay, Maine, in relation to other sites. *Chem. Ecol.* 1: 191-200
- Lu, J.C.S. y K.Y. Chen. 1977. Migration of trace metals in interfaces of seawater and polluted superficial sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 11(2): 174+182.
- Mc Kown, M.M.; C.R.E. Techirny y P.P.F. Lee. 1978. Investigation of matrix interferences for A.S.S. trace metal analysis in sediments. Report EPA-600/7-78-085, Cincinnati, 131 p.
- Ramírez, M.; H. González; N. Ablanado e I. Torres. 1990. Heavy metals in macroalgae of Havana's northern littoral, Cuba. *Chem. Ecol.*, 4(2): 49-55.
- Rezende, C.E. y L.D. Lacerda. 1986. Metais pesados em mexilhoe *Perna perna* l. no litoral do Estado do Rio de Janeiro. *Rev. Brasil. Biol.*, 46(1): 239-247.
- Robbe, D. 1984. Interprétation des teneurs en éléments métalliques associés aux sédiments. Rap. labor. LCPC Ser. Environ. Génie Urbain, EG-1, Paris, 149 p.
- Salomons, W. y U. Forstner. 1984. Metals in the hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin, 349 p.
- Thomsom, E.A.; S.N. Luoma; C.E. Johansson y D.J. Cain. 1984. Comparison of sediments and organisms in identifying sources of biologically available trace metal contamination. *Water Res.*, 18(6): 755-765.
- Yim, W.W. S. y K.W. Fung. 1981. Heavy metals in marine sediments of Hong Kong. *Hong Kong Engin.*, 10(9): 33-39.

DIRECCION DE LOS AUTORES

Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas, Instituto de Investigaciones del Transporte, Apartado 17029, Ciudad Habana 17, C.P. 11700, CUBA.