

CONCENTRACION DE ALGUNOS METALES PESADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE POZUELOS Y AREAS ADYACENTES, EDO. ANZOATEGUI, VENEZUELA.

BENITO R. GAMBOA, JAIME BONILLA R. Y GILBERTO CEDEÑO.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: Concentraciones de Zn, Mn, Fe, Ni, y Cu se determinaron en 29 muestras de sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y zonas adyacentes. La determinación se hizo por espectrofotometría de absorción atómica, usando un Perkin Elmer modelo 403. Las concentraciones de los metales oscilaron: cobre (1.99 - 26.99 $\mu\text{g/g}$), hierro (871-5321 $\mu\text{g/g}$), cinc (18.0 - 406 $\mu\text{g/g}$), manganeso (7.0-69.0 $\mu\text{g/g}$), y níquel (6.0 - 51 $\mu\text{g/g}$). La distribución espacial de estos metales es irregular, con una tendencia general de aumentar de concentración desde el área costera hacia la parte central de la Bahía de Pozuelos. Elevados valores de hierro, zinc, manganeso, níquel y cobre se encontraron en la Bahía de Barcelona, frente a la desembocadura del río Neverí. Los altos valores observados pueden ser atribuidos al aporte de significativas cantidades de estos elementos por las industrias establecidas en el área, que descargan sus desechos en las aguas del río Neverí.

ABSTRACT: Concentrations of Zn, Mn, Fe, Ni and Cu were determined in 29 samples of surface sediments of Pozuelos Bay and adjacent areas by atomic absorption spectrophotometry using a Perkin Elmer model 403 instrument. Concentrations of these metals were: copper (1.99-26.99 $\mu\text{g/g}$); iron (871-5381 $\mu\text{g/g}$); zinc (18.0-406 $\mu\text{g/g}$), manganese (7.0-69.0 $\mu\text{g/g}$); and nickel (6.0-51.0 $\mu\text{g/g}$). Distribution of these metals was found to be irregular with a tendency to increased concentrations from coastal area to central part in Pozuelos Bay. High values of iron, zinc, manganese, nickel and copper were found in the Barcelona Bay, in front of the Neveri River mouth. The high concentration of these elements observed in the sediments could be possibly attributed to the discharge of these metals by various industries of the area to the Neveri River.

INTRODUCCION

En los últimos años se ha incrementado a nivel mundial el estudio de metales pesados, con la finalidad de conocer el grado de contaminación a que han sido sometidos diferentes ambientes naturales, especialmente ríos, estuarios, y áreas costeras.

En las regiones costeras y estuarinas, la entrada de metales pesados se realiza principalmente a través de las aguas de los ríos, los cuales contribuyen al transporte de diferentes tipos de sustancias y elementos, muchos de los cuales son depositados en el fondo marino, y a través de procesos de descarga directa de desechos de aguas residuales, tanto industriales como domésticos.

Las aguas cloacales, generadas en áreas densa-

mente pobladas e industrializadas contienen gran variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas, que al ser vertidos sin un previo y adecuado tratamiento a las masas de aguas continentales y marinas, alteran las condiciones naturales de dichos medios y ocasionan daño a su biota.

Sin embargo, algunos de esos metales, tales como el hierro, cobre y zinc son requeridos como nutrientes por plantas y organismos marinos. Como quiera que las diferentes formas de vida se han desarrollado en presencia de todos los elementos naturales conocidos, es posible que muchos más elementos trazas sean considerados como esenciales.

Para los elementos naturales conocidos hasta ahora, existen un estrecho rango de concentración entre los niveles esenciales y tóxicos. Un elemento que es indispensable para una función de un organismo vivo, pudiera ser muy tóxico cuando se encuentra en altas concentraciones. La especiación química de los

elementos trazas puede cambiar drásticamente su biodisponibilidad o toxicidad.

Estudios recientes han demostrado que las concentraciones de los elementos traza en sedimentos son apropiados para dar una completa información acerca de los efectos biológicos y transformaciones geoquímicas de dichos elementos en ecosistemas acuáticos (ALLEN *et al*, 1975). Sin embargo, es conocido, que la presencia de ligandos orgánicos en los sedimentos altera la biodisponibilidad de los metales (LEWIS *et al*, 1972, WHILFIELD y LEWIS, 1976), y que los procesos de adsorción y desorción son igualmente dependiente de sus formas químicas (PITA y HAYNE, 1975). Altas concentraciones de metales trazas han sido encontrados en sedimentos continentales y marinos: CAMPBELL y LORING (1980), determinaron concentraciones de Mn, Fe, Ni, Cu, y Cd en sedimentos de la Bahía de Baffín. Trabajos similares fueron realizados por CHESTER y STONER (1975); GREIG *et al* (1977), PEARCE y YASSO (1973), SHIBER (1980), PAPAPOSTIDIS *et al* (1975), por lo cual se considera a los sedimentos como "trampas" para acumulación de metales pesados. Según FORSTNER y WITTMAN (1979), el conocimiento de la concentración y distribución de los metales trazas en los sedimentos puede dar idea acerca del origen de la contaminación en los sistemas acuáticos.

En Venezuela, los estudios sobre contaminación por metales son recientes, existiendo escasa información bibliográfica, así GAMBOA y BONILLA (1981), reportaron la presencia de algunos metales pesados en núcleos de sedimentos de la Plataforma Continental Nororiental de Venezuela, GAMBOA y BONILLA (1983), determinaron la concentración de Cu, Fe, Mn y Zn sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. El objetivo de este trabajo fue la determinación cuantitativa de algunos metales traza en los sedimentos de la Bahía de Pozuelos y sus alrededores, la cual sirve de reservorio de numerosos desechos domésticos e industriales vertidos por las diferentes industrias establecidas en el área, tanto al río Neverí como en la franja costera.

AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio (Fig 1) está ubicada en la costa

nororiental de Venezuela. Su situación geográfica está entre los 64° 33' 46" longitud Oeste (desde la Bahía de Pertigalete hasta la desembocadura del río Neverí) y 10° 10' hasta los 10° 18' latitud Norte. Comprende la plataforma continental desde la costa hasta una profundidad de 50 metros. La Bahía de Pozuelos está prácticamente encerrada entre islas: Cayo Borracha, El Borracho, y Los Borrachitos al Oeste, Chimana del Oeste, Chimana Grande y Chimana del Sur en la parte central, y más al Este se encuentra Chimana Segunda. La franja costera es muy irregular, y comprende las Bahías de Bergantín, Guanta y Pertigalete. El Morro de Barcelona, al Sur-Oeste separa parcialmente la Bahía de Pozuelos de la Bahía de Barcelona. En esta zona descarga sus aguas al Neverí, el cual es el río más importante del área, a cuyas márgenes están establecidas varias industrias.

Las características topográficas indican que en la parte noroccidental las mayores profundidades alcanzan entre 35 y 50 m. En la región central las profundidades son de unos 25 metros y en el área costera menores a los 10 metros.

Los sedimentos están básicamente constituidos por arcillas limosas, de un color gris-negro, aún cuando también predominan las arenas finas.

METODOLOGIA

Se tomaron muestras de sedimentos en 29 estaciones mediante una draga Kahlisco N° 214 Wabo.

En la Bahía de Pozuelos, cuya costa está delimitada por el Morro de Barcelona y la ciudad de Puerto La Cruz, se ubicaron 11 estaciones, seis estaciones en la Bahía de Barcelona, dos estaciones en bahía de Guanta, cinco en la Bahía de Bergantín y cinco estaciones distribuidas entre la Bahía de Pertigalete y el extremo nororiental del área.

Los sedimentos fueron mantenidos a baja temperatura (5 °C) hasta su procesamiento y análisis. El secado de los sedimentos fue hecho mediante un liofilizador y luego homogeneizados mediante un triturador fisher.

Los análisis se efectuaron en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 403 con llama aire-acetileno.

De cada muestra de sedimentos, se pesaron por lo menos dos réplicas, entre 0,5 y 1 gr. para someterlas a digestión durante 2 horas con 25 ml de ácido nítrico 8M. Después se filtraron a través de papel Whatman N° 42 y se transfirieron a balones atorados de 50 ml, enrasando con ácido nítrico 2N, (siguiendo el procedimiento de CARMODY, PEARCE y YASSO, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis y la localización de las estaciones de muestreo son reportados en la Tabla 1.

Cinc:

La distribución horizontal de Zn (Fig. 2) indica una concentración casi uniforme en todo el área de la Bahía de Pozuelos.

Altos valores se encuentran en el área de Bahía de Barcelona con una tendencia a disminuir hacia afuera de la costa y en dirección noroeste. Una marcada influencia del aporte de Zn por el río Neverí parece ser la causa de esta concentración. Sin embargo, las mayores concentraciones de cinc fueron registradas en la Bahía de Bergantín, donde se observaron concentraciones de hasta 456,6 ppm en la estación 10. Estas altas concentraciones pueden ser atribuidas a los aportes provenientes del sistema cloacal de la ciudad de Puerto La Cruz. Valores relativamente elevados se encontraron en el área cercana a la costa de la Bahía de Pertigalete con tendencia a

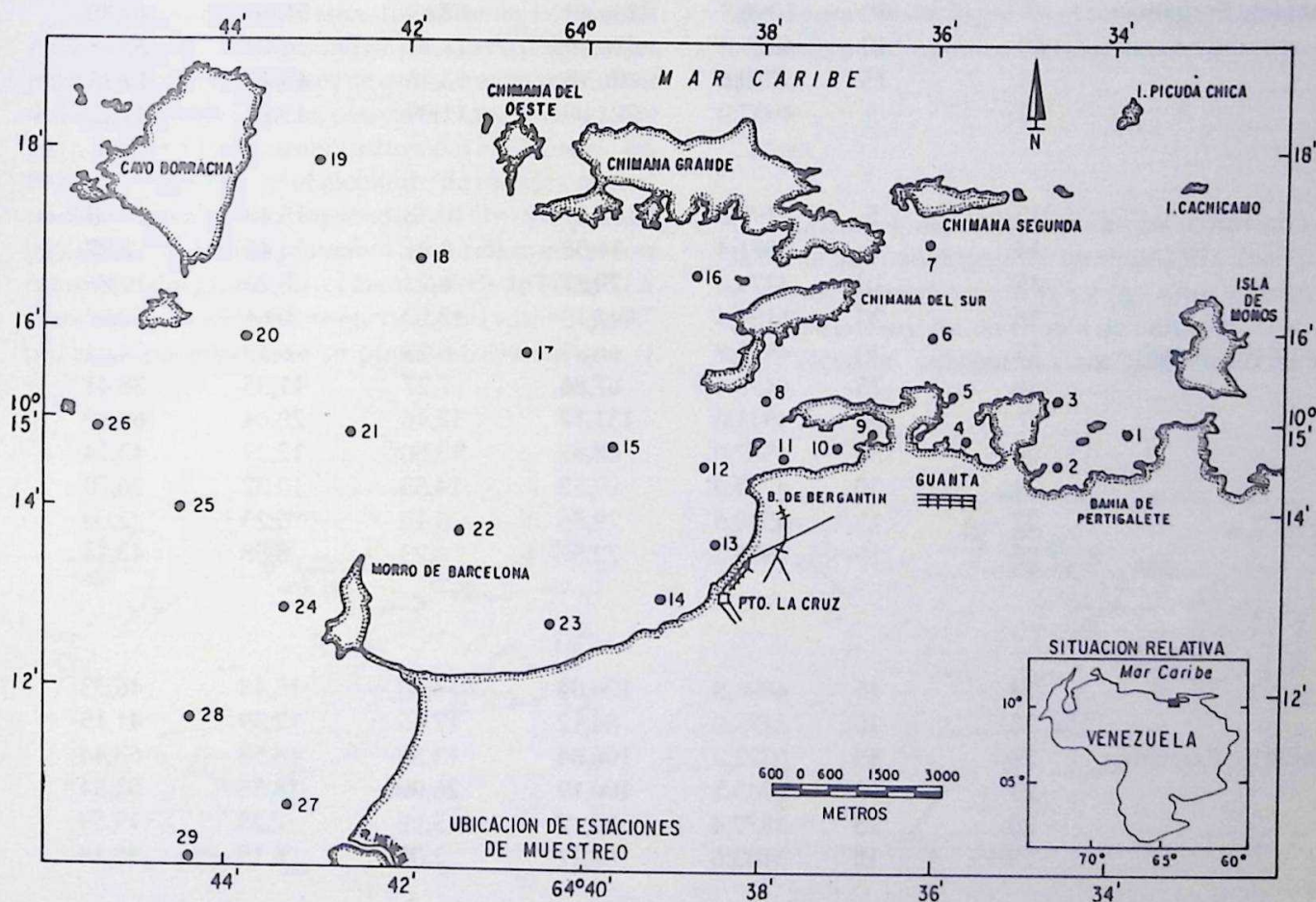


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimento en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes.

TABLA 1. CONCENTRACION DE METALES TRAZA EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE MUESTREO DE SEDIMENTOS EN LA BAHIA DE POZUELOS Y AREAS ADYACENTES.

Zonas	Estaciones	Profundidad(m)	Fe	Zn	Cu	Ni	Mn
Bahía de Pertigalete	1	30	4573,2	140,00	12,46	14,45	39,17
	2	15	4347,0	94,24	6,61	19,21	10,21
	3	15	4397,4	120,11	6,03	27,59	15,57
Bahía de Guanta	4	15	4342,8	80,23	1,99	12,36	10,80
	5	10	4543,0	84,13	7,00	24,36	14,78
	6	20	4497,8	137,81	9,58	35,37	23,30
	7	40	4639,4	179,00	47,27	28,20	28,20
Bahía de Bergantin	8	25	4652,0	193,00	9,89	39,33	28,33
	9	10	5098,8	186,69	12,69	51,66	40,38
	10	10	4925,0	456,66	19,51	46,45	20,35
	11	15	4710,6	406,18	13,46	45,43	14,23
	12	5	4937,0	221,08	11,09	45,13	29,23
Bahía de Pozuelos	13	5	4197,8	160,11	10,38	15,48	25,03
	14	5	871,4	18,53	8,31	14,45	7,97
	15	10	4374,8	79,27	6,23	8,26	19,86
	16	20	5109,4	147,13	13,50	20,64	57,99
	17	20	4938,8	66,01	6,23	6,19	24,04
	18	25	4496,4	67,86	7,27	11,35	38,41
	19	30	4911,0	131,17	12,46	20,64	69,89
	20	30	4567,0	68,82	13,50	12,39	43,14
	21	30	4735,0	99,52	14,53	10,32	36,70
	22	15	4530,6	79,56	3,12	0,23	22,06
	23	15	4975,2	72,57	6,23	8,58	43,14
Bahía de Barcelona	24	15	4896,8	120,04	13,50	15,48	46,33
	25	15	5173,0	84,12	17,65	12,39	41,15
	26	15	5322,0	106,64	13,50	18,58	63,44
	27	30	5265,2	190,19	26,99	18,58	52,54
	28	15	4877,4	60,17	5,19	7,23	19,59
	29	15	5103,6	88,11	2,08	6,19	38,18

sultado de las descargas del río Neverí, dado que la Bahía recibe a través de este medio los desechos procedentes de aguas cloacales e industriales de la ciudad de Puerto La Cruz. Valores relativamente elevados se encontraron en Bahía de Bergantín (15 $\mu\text{g/g}$) y valores bajos y uniformes en la parte oriental de la Bahía de Pozuelos.

En general, el cobre presentó la concentración más baja entre los metales analizados. Estas observaciones sugieren que la contaminación de cobre es mínima en la Bahía de Pozuelos, y que las elevadas

concentraciones encontradas están limitadas al área costera de la Bahía de Barcelona, debido al posible aporte de este elemento por el río Neverí. Se ha señalado que es difícil establecer con seguridad el origen de los metales pesados presentes en los sedimentos estuarinos. CHESTER y VOUTSINO (1981), han señalado que pueden tener origen residual y no residual, indicando que los residuales son aquellos localizados en las estructuras reticulares de los componentes minerales de los sedimentos. Los no residuales, los que se han ido incorporando a los sedimentos de soluciones acuosas, por medio de diferentes procesos, tales como adsorción, complejación química e intercambio iónico. CHESTER y MESSIHAHANNA (1970) señalan que los procesos de corrosión que se efectúan en diferentes ambientes naturales producen entre otras especies, óxidos de hierro y manganeso que puedan ser incorporados a los sedimentos como partículas detritales, por lo que consideran que el material litogénico es de suma importancia en los sedimentos marinos.

Tomando en cuenta estas aseveraciones, se hace difícil tratar de explicar los valores elevados encontrados en los sedimentos de la Bahía de Pozuelos, ya que sería necesario conocer previamente el aporte litogénico. Estudios realizados en otras áreas han aportado que el hierro presente en sedimentos costeros tiene un origen litogénico al igual que el manganeso y el zinc (CHESTER *et al.* 1970).

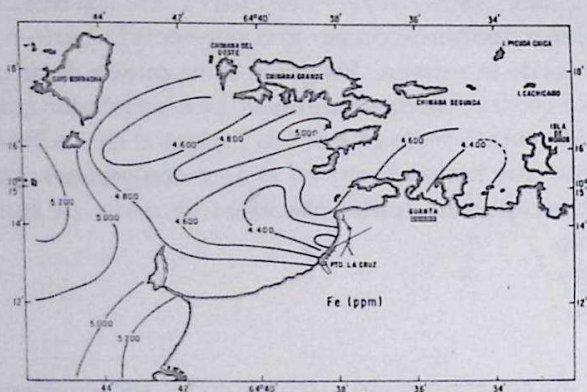


Fig. 4. Distribución espacial del contenido de hierro en sedimentos superficiales en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes.

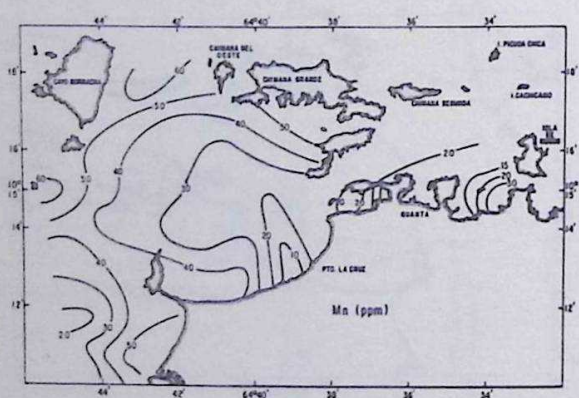


Fig. 5. Distribución espacial del contenido de manganeso en sedimentos superficiales en la Bahía de Pozuelos.

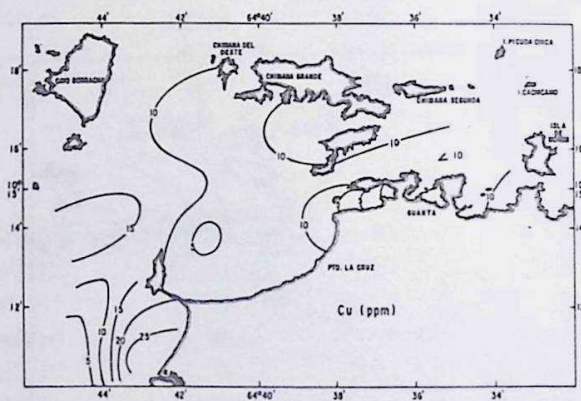


Fig. 6. Distribución espacial del contenido de cobre en sedimentos superficiales en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes.

Los elevados valores encontrados en la Bahía de Bergantín coinciden con valores elevados de materia orgánica (BONILLA *et al*, 1986, *obser. pers.*) y probablemente se deben a los desechos domésticos procedentes de la población de Guanta y a los efluentes industriales vertidos al mar por una refinería y por una industria procesadora de cemento. En este sentido, cabe señalar lo reportado por PAPA-KOSTIDIS *et al.* (1975) quienes atribuyeron la contaminación por metales en los sedimentos del Golfo de Saronikos (Grecia) a una fábrica de cemento ubicada en esa zona.

La zona correspondiente a la Bahía de Barcelona presenta altos valores de metales pesados y materia orgánica, en cambio en la zona de Puerto La Cruz los valores son menores a pesar de que la zona recibe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales procedentes de la ciudad de Puerto La Cruz. Posiblemente, los valores bajos en esta zona de Puerto La Cruz están relacionados con la textura del sedimento (arena gruesa calcárea). DONAZOLO *et al.* (1981), atribuyeron las bajas concentraciones de Fe, Cu, Zn y Ni encontrados en los sedimentos costeros del Golfo de Venecia, al bajo porcentaje de arena fina, igualmente, CAMPBELL y LORING (1980) encontraron que la concentración de los metales traza aumenta a medida que aumenta la fracción de grano fino. En general, la concentración de los diferentes metales (Fe, Zn, Mn, Cu y Ni), en los sedimentos de la Bahía de Pozuelos se encuentran entre los rangos obtenidos para sedimentos marinos. Los valores encontrados en este estudio son comparables a los reportados por SEGAR y PELLERNARG (1973) y por JONES (1973) para sedimentos marinos y con los reportados por GAMBOA *et al*, 1981 en núcleos de sedimentos de la plataforma oriental de Venezuela.

REFERENCIAS

- ALLEN, H. E. 1975. Metal speciation in aquatic environments in toxicity to biota of metal forms in natural waters. *Great Lakes Research Advisory Board, Minnesota, U.S.A.* 33-57.
- BONILLA R. J., G. CEDEÑO & B. R. GAMBOA. 1986. Características químicas en los sedimentos superficiales de Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* (en prensa).
- CAMPBELL, J. A. & D. H. LORING. 1980. Baseline Levels of heavy metals in the waters and sediments of Baffin Bay. *Mar. Poll. Bull.* 11 (9): 257-261.
- CARMODY, D. J., J. B. PEARCE & W. E. YASSO. 1973. Trace metals in sediments of New York Bight. *Ibid.*, 4 (9): 132-134.
- CHESTER, R. & R. G. MESSIHA-HANNA. 1970. Trace element partition patterns in North Atlantic Deep - Sea sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 34: 1121-1128.
- _____ & J. H. STONER. 1975. Trace elements in sediments from the lower severn estuary and Bristol channel. *Mar. Poll. Bull.* 6 (6): 92-95.
- _____ & F. G. VOUTSINOU. 1981. The initial assesment of trace metal pollution in coastal sediments. *Ibid.*, 12 (3): 84-91.
- DONNAZZOLO, R., O. H. MERLIN, L. M. VITTURI, A. A. ORIO, G. PERIN & S. RABITTI. 1981. Heavy metal contamination in surface sediments from the Gulf of Venice. Italy. *Ibid.*, 12 (12) 417 - 425.
- FORSTNER, V. & G. T. WITTMANN. 1979. *Metal pollution in the aquatic environment.* Springer-Verlag. Berlin.
- GAMBOA, B. R. & J. R. BONILLA. 1981. Distribución de algunos metales pesados en núcleos de sedimentos de la plataforma oriental de Venezuela. XXXI. Convención Nacional A.S.O.-V.A.C. 215.
- _____ & J. R. BONILLA. 1983. Distribución de algunos metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 22. (1 y 2): 103-110.
- GREIG, R. A. R. REID. & D. R. WENZLOFF. 1977. Trace metals concentrations in sediments from

- Island sound. *Mar. Poll. Bull.* 8:183-188.
- JONES, A. S. 1983. The concentration of copper, lead, zinc and cadmium in shallow marine sediments. *Mar. Geol.* 14: M1-M9.
- LEWIS A. G., P. H. WHITFIELD & A. RAMNA. 1972. Some particulate and soluble agents affecting the relationship between metal toxicity and organism survival in the calanoid copepod *Euchaeta japonica*. *Mar. Biol.* 17: 215-22.
- PAPAKYTIOS, G., A. P. GRIMANTIS & G. B. GRIGG. 1975. Heavy metals in sediments from Athens sewage outfall area. *Mar. Poll. Bull.* 6 (9): 136-138.
- PEARCE, J. V. & W. E. YASSO. 1973. Trace metals in sediments of New York Bight. *Ibid.*, 4 (9): 132-135.
- PITA, F. W. & N. J. HYNE. 1975. The depositional environment of zinc, lead and cadmium in reservoir sediments. *Water resources research* 9: 701-706.
- SEGAR, D. A. & R. E. PELLENBARG. 1973. Trace metals in carbonate and organic rich sediments. *Mar. Poll. Bull.* 4 (9): 138-142.
- SHIBER, J. G. 1980. Metal concentrations in marine sediments from Lebanon. *Water, Air & Soil Poll.* 13: 35.
- WHITFIELD P. H. & A. G. LEWIS 1976. Control of biological availability of trace metals to calanoid copepod in a coastal fiord. *Estuar. & Coast. Mar. Sci.*, 4: 255-266.

(Manuscrito recibido el 3 de diciembre de 1986)