



Interciencia

ISSN: 0378-1844

interciencia@ivic.ve

Asociación Interciencia

Venezuela

Martínez, Gregorio; Rodríguez, Luisa; Senior, William  
Especiación de Cd, Zn, Cr y Pb en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín, Estado  
Anzoátegui, Venezuela  
Interciencia, vol. 27, núm. 4, abril, 2002, pp. 173-179  
Asociación Interciencia  
Caracas, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33906704>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

---

# ESPECIACIÓN DE Cd, Zn, Cr Y Pb EN NÚCLEOS DE SEDIMENTOS DE LA BAHÍA DE BERGANTÍN, EDO. ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

GREGORIO MARTÍNEZ, LUISA RODRÍGUEZ y WILLIAM SENIOR

---

**F**l estudio de metales traza en cuerpos de agua, sedimentos y organismos, es importante para establecer sus niveles naturales, variabilidad y origen, principalmente en las áreas más sensibles a la contaminación, como son estuarios y bahías. El desarrollo industrial ha tenido su asiento, en un porcentaje bastante significativo, en las riberas de ríos, estuarios y bahías, descargando allí los efluentes de desechos que contienen grandes cantidades de sustancias nocivas, asumiendo que estas son usualmente dispersadas y transformadas por el mar. Dentro de esas sustancias, los metales traza constituyen un caso especial, ya que no se degradan y, una vez depositados, permanecen en el medio ambiente marino sin sufrir prácticamente ningún cambio cualitativo.

Cuando se quiere conocer el impacto ambiental ocasionado por sedimentos contaminados no es suficiente acopiar información sobre el contenido de metales totales. Las formas como se asocian los metales con la matriz de sedimento son variadas. Pueden ser adsorvidos en la superficie, incorporados a fases minerales y/o ocluidos en materia-

les amorfos. Estas formas de asociación generalmente inhiben diferentes propiedades químicas y la medición de sus concentraciones individuales proporciona información para entender su comportamiento geoquímico (diagénesis, ciclos, transporte, etc.) y su disponibilidad biológica (Belzile *et al.*, 1989). Para ello se han desarrollado métodos indirectos en el cual se encuentra el de extracciones secuenciales que utilizan extractantes parciales para la obtención de formas de asociación de los metales con el sedimento (Chester y Hughes, 1967; Ageamian y Chau, 1977; Tessier y Campbell, 1979; Rantala y Loring, 1985; Kerstner y Förstner, 1986; Hirner, 1992). Los procedimientos de extracción secuencial tienen sus ventajas, ya que permiten diferenciar entre muestras con concentraciones de metales totales similares. Además, son de los pocos métodos prácticos que ofrecen información acerca del origen, disponibilidad físico-química y biológica, movilización y transporte de metales pesados en ambientes acuáticos (Tessier y Campbell, 1987; Kersten y Förstner, 1991; Horowitz, 1991; Landing y Lewis, 1991; Lewis y Landing, 1992; Martínez y Senior, 2001).

La especiación de metales es útil para distinguir entre metales de origen litogénico y metales de origen antropogénico. Los de origen antropogénico son aquellos que se obtienen en las primeras fracciones y los de origen litogénico se obtienen en la última etapa del proceso, lo que se conoce como fracción residual (Rubio *et al.*, 1991).

La Bahía de Bergantín es un receptáculo de efluentes provenientes de la refinería El Chaure, de la laguna de lastre y de las plantas de tratamiento de aguas servidas de las urbanizaciones El Chaure y Guaraguao. La actividad marítima también es intensa puesto que tanqueros de gran calado llegan a los muelles de PDVSA a cargar petróleo y sus derivados. Las lanchas deportivas a menudo surcan las aguas de la bahía y tienen un muelle al final de ésta. Como consecuencia de las actividades que se realizan en el área, se han observado cinturones de petróleo en descomposición, películas multicolores, recubrimiento de rocas con petróleo crudo y, eventualmente, residuos sólidos de alquitrán en las playas de la Bahía de Pozuelos (Bonilla *et al.*, 1986; Cedeño *et al.*, 1986). El impacto que esos desechos causan en el

---

## PALABRAS CLAVES / Bahía de Bergantín / Núcleos de Sedimentos / Metales Pesados /

Recibido: 02/08/2001. Modificado: 04/02/2002. Aceptado: 28/02/2002

Gregorio Martínez. M.Sc. en Ciencias Marinas. Profesor-Investigador Agregado, Universidad de Oriente (UDO). Coordinador del Laboratorio de Metales Trazas, Instituto Oceanográfico de Venezuela (UDO). Dirección: Departamento de Oceanografía, I.O.V, UDO, Núcleo Sucre. Av. Universidad, Cerro Colorado, A.P.245,6001, Cumaná, Venezuela. e-mail: [gmartine@sucre.udo.edu.ve](mailto:gmartine@sucre.udo.edu.ve)

Luisa Rodríguez. Licenciada en Química. Profesor agregado, Departamento de Química Aplicada, Instituto Universitario de Tecnología, Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela. e-mail: [irmartin@sucre.udo.edu.ve](mailto:irmartin@sucre.udo.edu.ve)

William Senior. Doctor en Química Marina. Profesor-Investigador Asociado, UDO. Jefe, Departamento de Oceanografía. Coordinador, Laboratorios de Elementos Nutritivos e Hidrocarburos, Instituto Oceanográfico de Venezuela, UDO. e-mail: [wseñor@sucre.udo.edu.ve](mailto:wseñor@sucre.udo.edu.ve)

ecosistema marino afectan la calidad del agua, la flora y la fauna de la Bahía de Bergantín y hacen extensivo a la Bahía de Pozuelos por el sistema local de corrientes superficiales. En el presente estudio se determinan las concentraciones de los metales pesados Cd, Cr, Pb y Zn en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín, su especiación (biodisponibles, los asociados a la materia orgánica y refractarios), así como la evolución de sus concentraciones a través del tiempo.

### Área de Estudio

La Bahía de Bergantín (Figura 1) está situada al noreste del Estado Anzoátegui; es de forma semicerrada y se comunica al oeste con la Bahía de Pozuelos. Tiene una extensión este-oeste de aproximadamente 1700m, y 450m de ancho. Al norte se encuentran las Islas Chimanas y al este las Bahías de Pertigalete y Guanta. Entre las islas Chimanas y las bahías de Bergantín, Guanta, Pertigalete e isla Burros existe un canal por donde trafican las embarcaciones que navegan estas aguas.

La bahía está sometida a un intenso tráfico de tanqueros que llegan a los muelles de PDVSA a cargar petróleo y derivados, y también al tráfico de lanchas deportivas que tienen un muelle en el extremo oriental. Las aguas cloacales de la Urbanización El Chaure, drenan en la parte norte, al igual que las aguas servidas de la Urbanización Guaraguao. La Refinería El Chaure también descarga sus efluentes en la parte oriental, mientras que la Refinería PDVSA lo hace en la entrada. Las áreas adyacentes, como Bahía de Pozuelos y la región desde Punta Meta a Bahía de Pertigalete, también poseen una intensa actividad industrial y marítima que contribuye a la contaminación global de la región noreste del Estado Anzoátegui.

### Materiales y Métodos

Se establecieron 5 estaciones en la Bahía de Bergantín (Figura 1) para la toma de núcleos de sedimentos con un nucleador de pistón de 1m de largo que puede ser lanzado desde una embarcación y recogerse manualmente y que puede tomar núcleos de 50 a 70cm aproximadamente. Estos núcleos fueron divididos en fracciones de 5cm y almacenado en bolsas de polietileno a bajas temperaturas hasta su procesamiento y posterior análisis. El secado se realizó en estufa a 80°C por una semana; posteriormente se pulverizó y homogeneizó en mortero, almacenándose en tubos de ensayo.

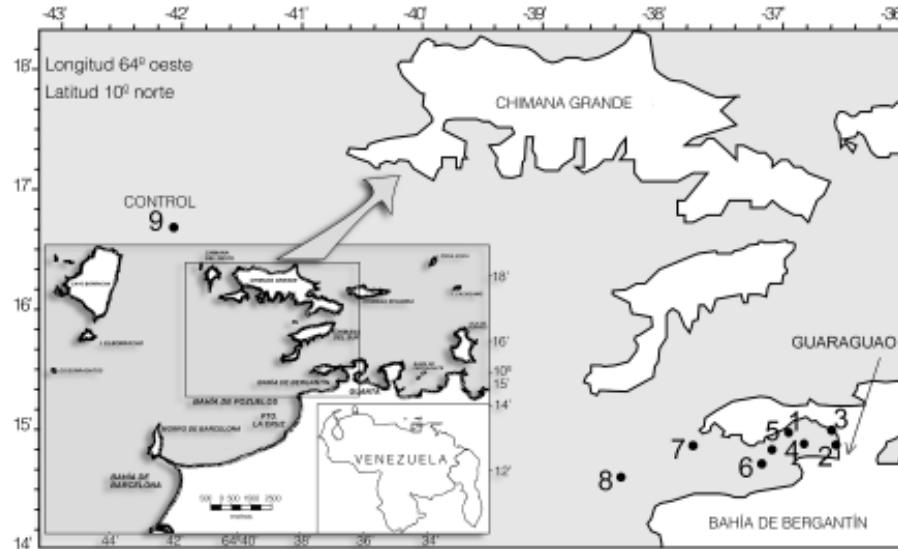


Figura 1. Mapa de la Bahía de Bergantín y áreas adyacentes mostrando la ubicación de las nueve estaciones de muestreo para núcleos de sedimentos y sedimentos superficiales. En este trabajo se reportan resultados obtenidos en muestras de las estaciones 1,2,3,5 y 9.

Se pesó aproximadamente 0,5g de muestra y se sometió a un procedimiento de extracción secuencial de tres pasos para la determinación de los metales pesados (Landing y Lewis, 1991; Hoshika y Shiozawa, 1986). La secuencia de extracción consiste en una digestión con ácido acético (20ml de AcH al 10% v/v por 12h aproximadamente a temperatura ambiente), seguido por una digestión con peróxido de hidrógeno (20ml. de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% por 4h a 100°C). El AcH al 10% extrae los cationes adsorbidos, disuelve los carbonatos y oxihidróxido de Mn reactivos (Landing y Bruland, 1980; 1987; Hoshika y Shiozawa, 1986), mientras que el peróxido extrae los metales asociados a la materia orgánica. El material refractario, que quedó en el filtro después de la extracción con AcH y peróxido fue sometido a digestión total a 100°C (Eggemann y Betzer, 1976; Lewis y Landing, 1992) con una mezcla de ácidos nítrico, clorhídrico y perclórico (3:2:1). Este procedimiento disuelve los materiales refractarios, predominantemente aluminosilicatos, no atacados en la extracción con ácidos débiles y fuertes. Se determinó Cd, Zn, Cr y Pb en cada una de las fracciones obtenidas en las muestras de los núcleos de sedimentos. El contenido de materia orgánica se determinó por la pérdida de peso por ignición a 550°C durante 3h (González y Ramírez, 1995).

La precisión de los métodos utilizados fue verificada mediante el análisis de un patrón de sedimento certificado por *Environmental Resource As-*

*sociates* (cat. # 540, lot # 237). Los valores de la desviación estándar y los coeficientes de variación son muy bajos, y además comparables entre las diferentes determinaciones, como se muestra en la Tabla I.

### Resultados y Discusión

#### Cadmio

La Figura 2 muestra las concentraciones de Cd en los núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín y al oeste de las islas Chimanas. Las concentraciones oscilaron entre no detectado (n.d.) y 3,07µg/g para la fracción asociada a los materiales refractarios, entre n.d. y 1,15µg/g para la fracción biodisponible, y entre n.d. y 0,49µg/g para la fracción asociada a la materia orgánica. Las mayores concentraciones de Cd asociado a los refractarios se determinaron para el núcleo 5. En el núcleo 3 no se detectó, mientras que en el núcleo 1 se determinó en la superficie y en los primeros 5cm de profundidad. El Cd biodisponible se detectó en todos los núcleos, con las mayores concentraciones en el núcleo 2, aunque para el núcleo 1 se determinó solamente en los primeros 5cm de profundidad. En el caso de Cd asociado a la materia orgánica, se detectó en todos los núcleos, siendo en el núcleo 1 donde se determinó el mayor contenido de dicho metal.

De igual manera se observa en los núcleos 2 y 5 (Figura 2) una disminución de la concentración total de

Cd de la superficie al fondo, más marcada en el núcleo 2. Este comportamiento puede evidenciar un enriquecimiento del metal a través del tiempo, lo que puede ser debido a las actividades humanas que se han realizado en la región en este siglo, tales como la explotación, refinación y transporte de petróleo crudo y sus derivados, actividad turística, pesquería, tráfico de embarcaciones y al crecimiento poblacional en las ciudades de Barcelona y Puerto La Cruz. El mismo comportamiento se presenta para Zn (núcleo 2) y Pb (en todos los núcleos).

Por otra parte se observa que las mayores concentraciones de Cd se presentan hacia la región central de la bahía y fuera de la misma (núcleo 9), lo que puede estar indicando que en el interior de dicho ecosistema se presenta algún tipo de circulación en remolino que lleva todos los contaminantes hacia el centro de la Bahía de Bergantín. Bonilla *et al.* (1986) encontraron altas concentraciones de materia orgánica en los sedimentos superficiales de esta bahía y Gamboa *et al.* (1986) altas concentraciones de metales en dichos sedimentos que aumentaban hacia el centro y la bahía de Pozuelos. Los sedimentos de esta región se caracterizan por presentar alto contenidos de arcilla y limo y una coloración gris oscuro-negro-marrón (Bonilla *et al.*, 1986).

Según estudios realizados en el mundo acerca de los niveles de Cd en los diferentes tipos de sedimentos, se considera que su concentración en sedimentos superficiales no contaminados no supera el valor de 1,00 $\mu\text{g/g}$  (Sadiq, 1992). En el presente estudio las concentraciones de Cd superan abiertamente este valor, con la excepción de los nú-

cleos 1 y 3, ubicados en la costa norte de la bahía. En el caso de los núcleos 5 y 9, se observan valores muy superiores a 1,00 $\mu\text{g/g}$ , con la mayor contribución debido a los materiales refractarios, tales como aluminosilicatos, lo que supone un origen litogénico, mientras que las fracciones biodisponibles y materia orgánica presentan valores por debajo de 1 $\mu\text{g/g}$ , inclusive sumando ambas fracciones.

Al determinar la contribución antropogénica (%CA) para las concentraciones totales de Cd, de acuerdo a la ecuación (González y Ramírez, 1995)

$$\% \text{CA} = \frac{(\text{metal en la superficie del núcleo}) - (\text{metal en el fondo del núcleo})}{(\text{metal en la superficie del núcleo})} \times 100$$

se obtienen los valores presentados en la Tabla II. Los núcleos 1 y 3, aunque sus valores se encuentran por debajo del valor de 1 $\mu\text{g/g}$ , presentan las mayores contribuciones de origen antrópicos, mientras que la estación 2 también presenta contaminación antropogénica, ya que al calcular el %CA a lo largo del núcleo, el mismo puede alcanzar hasta 48,8%.

El contenido de Cd determinado en este estudio es comparable al valor de 2,39 $\mu\text{g/g}$  reportado para la misma región en el informe (Senior y Aparicio, 1992), de 1,71 $\mu\text{g/g}$  para el Golfo de Cariaco (Martínez, 1996) y superior al valor de 0,88 $\mu\text{g/g}$  para el área de Jose (Bonilla *et al.*, 1998). De igual manera, la concentración promedio de Cd es muy inferior a las reportadas para los sedimentos de los estuarios de Bacuta (9  $\pm$  1 $\mu\text{g/g}$ ) y Liebre (19  $\pm$  2 $\mu\text{g/g}$ ), en la Marisma de Odiel en la localidad Española de Cádiz (Izquierdo *et al.*, 1997), así como a los valores reporta-

dos para sedimentos de las marismas del río Oder en Polonia, con valores cercanos a 16 $\mu\text{g/g}$  (Callaway *et al.*, 1998).

### Cinc

Las variaciones en las concentraciones de Zn (Figura 3), fluctuaron entre n.d. y 761,11 $\mu\text{g/g}$  para la fracción correspondiente a los materiales refractarios, entre 51,23 y 2613,52 $\mu\text{g/g}$  para el Zn biodisponible; no detectándose Zn asociado a la materia orgánica, exceptuando el estrato superficial del núcleo 1

(46,46 $\mu\text{g/g}$ ) y el estrato entre 5 y 10cm del núcleo 2 (0,67 $\mu\text{g/g}$ ). Las mayores concentraciones de Zn asociadas a los materiales refractarios se detectaron en el núcleo 9 con valores que oscilaron entre 591,96 y 761,11 $\mu\text{g/g}$ , mientras que en el núcleo 1 no se detectó. El Zn biodisponible presentó valores altos (919,40-2613,52 $\mu\text{g/g}$ ) en los núcleos 1, 3, 5 y 9, a diferencia del núcleo 2 donde las concentraciones del metal son mucho más bajas (51,23 - 68,50 $\mu\text{g/g}$ ).

Por otra parte, se presenta un marcado enriquecimiento de Zn en las muestras de sedimentos desde el fondo hacia la superficie, evidente (Tabla II) en los núcleos 1 (%CA = 14,59), 3 (%CA = 16,83) y 5 (%CA = 17,86), que al igual que Cd son producto de actividades antropogénicas en la región. Sin embargo, los núcleos 2 y 9 no presentan este comportamiento, observándose un patrón muy uniforme en las concentracio-

**TABLA I**  
**PRECISIÓN DEL MÉTODO PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS METALES PESADOS EN LA MUESTRA PATRÓN DE SEDIMENTO CERTIFICADO**  
**CONCENTRACIÓN ( $\mu\text{g/g}$ )**

Muestra	Cd	Ni	Mn	Fe	Cu	Cr	Pb	Zn
1 ACh 10 %	49,90	53,78	77,14	132,43	98,33	31,02	59,59	76,49
2 ACh 10 %	50,42	52,16	83,85	135,42	97,80	32,91	60,56	77,72
3 ACh 10 %	51,05	52,95	80,25	133,57	98,29	32,30	58,23	77,13
Promedio	50,46	52,96	80,41	133,81	98,14	32,08	59,46	76,81
DS	0,5758	0,8083	3,3561	1,5130	0,2975	0,9675	1,1723	0,4525
1 Perox.	3,20	2,10	12,08	359,81	9,64	12,25	2,72	5,52
2 Perox.	3,71	1,86	11,85	360,15	8,24	13,16	3,05	5,72
3 Perox.	2,76	1,98	11,67	360,68	7,57	12,95	2,96	5,89
Promedio	3,22	1,98	11,87	360,21	8,48	12,79	2,91	5,71
DS	0,4766	0,1200	0,2055	0,4384	1,0552	0,4765	0,1706	0,1852
1 Residuo	0,00	0,00	34,09	7098,07	0,00	42,98	8,41	5,17
2 Residuo	0,00	0,00	25,63	6919,63	0,00	39,03	7,99	3,66
3 Residuo	0,00	0,00	33,98	7121,07	0,00	39,67	10,84	4,05
Promedio	0,00	0,00	31,23	7046,26	0,00	40,56	9,08	4,29
DS	0,0000	0,0000	4,8499	110,2668	0,0024	2,1228	1,5410	0,7839

**TABLA II**  
**CONTRIBUCIONES ANTRÓPICAS PARA LOS METALES Cd, Zn, Cr y Pb ENTRE EL ESTRATO SUPERFICIAL Y EL FONDO DE LOS NÚCLEOS DE SEDIMENTOS DE LA BAHÍA DE BERGANTÍN**

Núcleo	Contribución Antrópica (%)			
	Cd	Zn	Cr	Pb
1	40,48	14,59	< 0	12,82
2	20,56	< 0	< 0	33,62
3	28,33	16,83	4,61	43,77
5	6,06	17,86	< 0	42,03
9	4,11	< 0	4,65	63,41

Figura 2. Distribución longitudinal del Cd en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín.

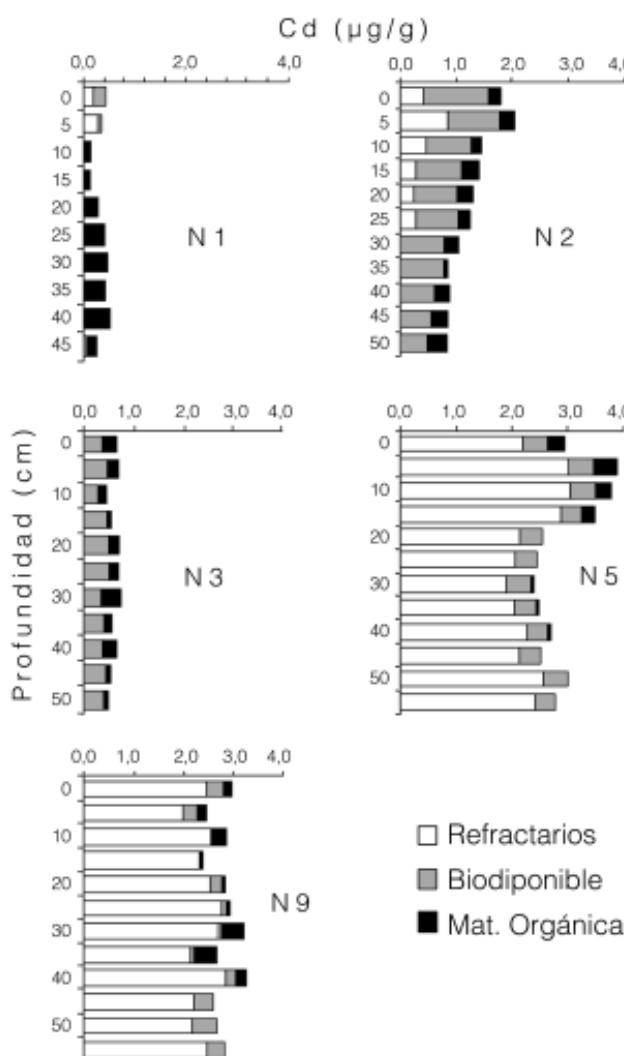
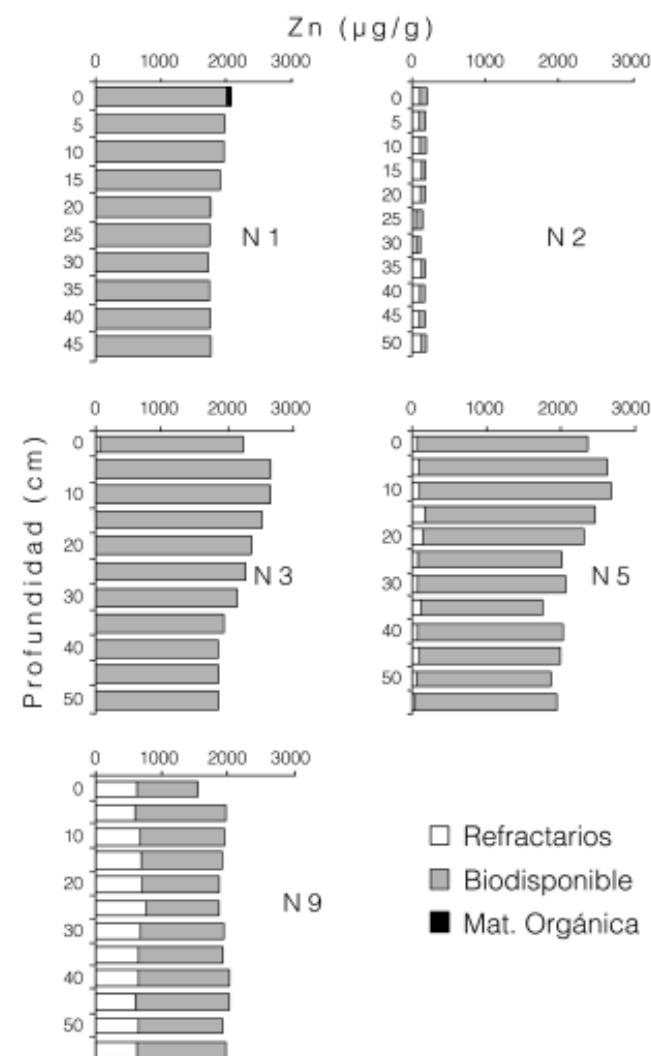


Figura 3. Distribución longitudinal del Zn en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín.



nes de Zn a lo largo del núcleo, con menores concentraciones del metal en la superficie. Además, se encuentran altas concentraciones de Zn disponibles para los organismos bentónicos, principalmente para muchas especies de moluscos de interés comercial que obtienen sus alimentos mediante filtración de los sedimentos del fondo, incorporando los metales pesados a su organismo, presentando un peligro potencial para el hombre, como consumidor final en la cadena alimenticia. En otro sentido, el Zn que se encuentre adsorbido en las partículas de sedimento puede ser transferido a la columna de agua por procesos físicos y químicos tales como resuspensión debido a las mareas y corrientes, y por cambios en los potenciales de oxidación-reducción debido a la oxidación de la materia orgánica y diagénesis de los sedimentos.

Los valores de %CA calculados para el Zn en este estudio son menores que el determinado para la Bahía de Levisa en Cuba (CA=27%), la cual recibe las descargas de efluentes provenientes de actividades mineras y metalúrgicas para la obtención de Ni (González y Ramírez, 1995).

Estudios realizados en la región nororiental de Venezuela, en la Cuenca Tuy-Cariaco (Gamboa y Bonilla, 1983) y Costa del Estado Anzoátegui (Gamboa *et al.*, 1986; Bonilla 1993, Bonilla *et al.*, 1998; y Fermín y Bonilla, 1996) muestran una dependencia entre los niveles de algunos metales pesados en sedimentos y sus características granulométricas, así como en su contenido en materia orgánica. Los sedimentos en la región estudiada presentan sedimentos con una textura que tiende hacia limo-arcilloso

(Senior, 1994). Perkins *et al.* (1973) y Campbell y Loring (1980) reportaron un incremento en las concentraciones de metales pesados asociados con la fracción de grano fino, mientras que Jackson (1979) encontró que Fe, Zn, Cd y Cu están fuertemente relacionados con el carbono orgánico. Igualmente, se señala en estos trabajos la influencia antropogénica en las concentraciones de estos metales, como consecuencia de los vertidos en esta región de los efluentes industriales y urbanos de las ciudades y poblados.

Las concentraciones de Zn determinadas en este estudio son muy superiores a los valores encontrados en las bahías de Pertigalete (118,12 µg/g), Guanta (120,29 µg/g), Pozuelos (90,05 µg/g), Barcelona (108,21 µg/g) y Bergantín (297,72 µg/g) por Gamboa *et al.* (1986), área de Jose (108,25 µg/g; Bonilla *et al.*,

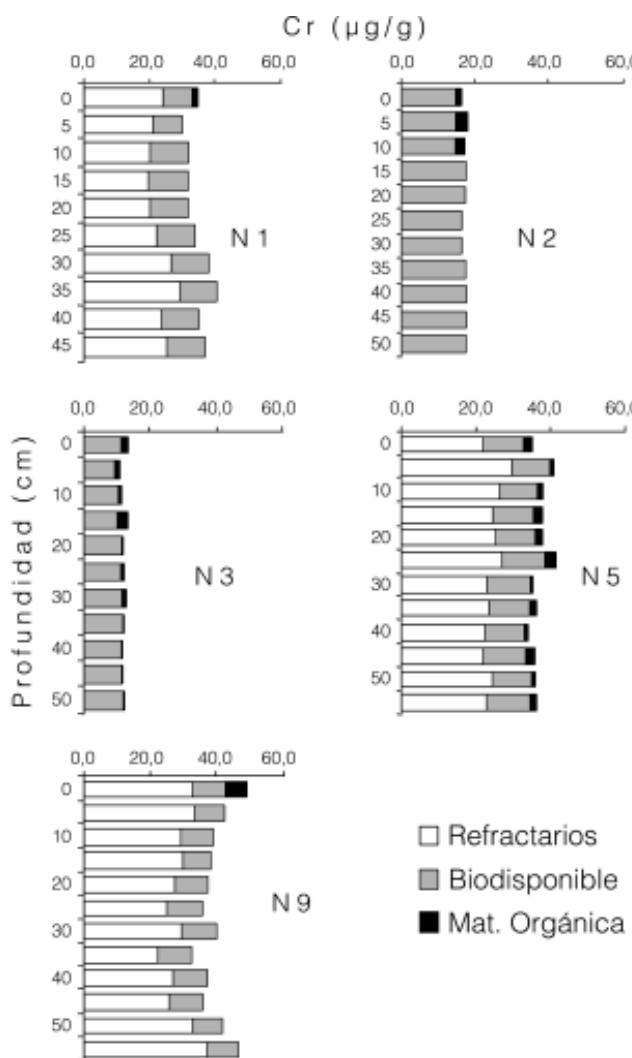


Figura 4. Distribución longitudinal del Cr en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín.

1998), las bahías de Levisa (55,0 $\mu\text{g/g}$ ) y Habana (142-995 $\mu\text{g/g}$ ) en Cuba (González, 1991; González y Ramírez, 1995) y la costa de Baja California (7,25 $\mu\text{g/g}$ ) en México (Gutiérrez-Galindo *et al.*, 1994).

#### Cromo

La distribución del Cr (Figura 4) presenta valores que fluctúan entre n.d. y 36,81 $\mu\text{g/g}$  para los refractarios, 8,52-17,43 $\mu\text{g/g}$  para la fracción biodisponible y entre n.d. y 5,75 $\mu\text{g/g}$  para la fracción de Cr asociada a la materia orgánica. Los núcleos 2 y 3 no presentaron Cr en la fracción de los refractarios, una notoria homogeneidad en la fracción biodisponible, con los valores un poco más altos en el núcleo 2, mientras que la fracción asociada a la materia orgánica se presentó en muy bajas concentraciones en

los núcleos 2, 3 y 5, y para los otros núcleos se presentó únicamente en el estrato superficial.

En el caso de Cr no se observa el comportamiento que presentan Cd, Zn, Cu, Fe, Mn y Pb, donde existe una disminución en las concentraciones totales del metal con la profundidad, aunque en los núcleos 3 y 9 se observa esta tendencia con un aumento de la concentración del Cr en la parte más profunda del mismo, obteniéndose bajos valores de CA (4,61% y 4,65%) respectivamente.

El promedio de Cr para la Bahía de Bergantín (23,06 $\mu\text{g/g}$ ) es comparable al contenido de dicho metal determinado anteriormente para la misma bahía, de 25,17 $\mu\text{g/g}$  (Aparicio y Senior, 1991; Fermín y Bonilla, 1996) y para la costa fronteriza de Baja California (México)-California (EUA) con variación entre 4,95

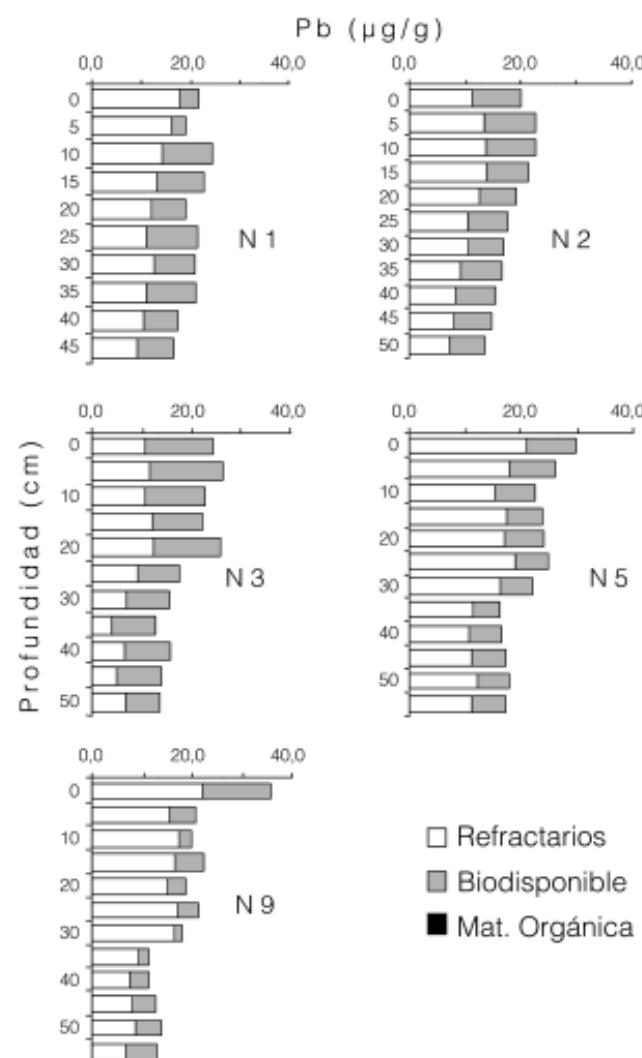


Figura 5. Distribución longitudinal del Pb en núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín.

y 24,20 $\mu\text{g/g}$  (Gutiérrez-Galindo *et al.*, 1994), e inferior al del área de Jose (57,49 $\mu\text{g/g}$ ; Bonilla *et al.*, 1998), Golfo de Cariaco (34,48 $\mu\text{g/g}$ ; Martínez, 1996) y a las concentraciones reportadas para sedimentos contaminados de la costa del Estado de Veracruz (México) con una concentración promedio de 68,79 $\mu\text{g/g}$  (Villanueva y Paéz-Osuna, 1996); Bahía de la Habana (50,10 a 343,0 $\mu\text{g/g}$ ; González, 1985) y Bahía de Cárdenas (34,8 a 49,8 $\mu\text{g/g}$ ; Arencibia *et al.*, 1992).

#### Plomo

Las concentraciones de Pb (Figura 5) presentaron una variación entre 4,18 y 21,97 $\mu\text{g/g}$  para la fracción correspondiente a los refractarios, de 1,50 a 14,77 $\mu\text{g/g}$  para la fracción biodisponible, y no se detectó Pb asociado a materia orgánica.

nica. Para este metal, la disminución de las concentraciones con la profundidad es mucho más notable, especialmente en los núcleos 2, 3, 5 y 9, lo cual indica el origen antrópico de este metal, en gran medida producto de la combustión de gasolina con plomo, con las contribuciones antropogénicas mostradas en la Tabla II.

La estación 9, ubicada costa afuera de la Bahía de Pozuelos, al oeste de las islas Chimanas, fue tomada como control ya que por estar en dicha posición hacia suponer que se encontrarían las concentraciones de metales más bajas. Las concentraciones de Pb en el fondo del núcleo son comparables a las de los núcleos 2 y 3, lo que puede ser tomado como base. Las concentraciones de Pb, y de algunos de los metales aquí estudiados son las más altas en este núcleo, posiblemente debido a las corrientes superficiales que se presentan en esta región que transporta los contaminantes vertidos en la margen costera hacia el norte, produciéndose su decantación en esta zona.

El valor promedio de Pb encontrado en esta región (30,06 $\mu\text{g/g}$ ) está por encima de los valores detectados para el área de Jose (Bonilla *et al.*, 1998) y es comparable a los valores para el área de Bahía de Bergantín (21,86 $\mu\text{g/g}$ ; Senior y Aparicio, 1992) y Golfo de Cariaco (18,51 $\mu\text{g/g}$ ; Martínez, 1996), y muy inferior a las concentraciones reportadas para sedimentos contaminados de las costas de Barcelona (440 $\mu\text{g/g}$ ; Mogollón *et al.*, 1989) y la Bahía de la Habana (142-995 $\mu\text{g/g}$ ; González, 1991), Bahía de Levisa (55,00 $\mu\text{g/g}$ ; González y Ramírez, 1995) y Bahía de Chesapeake, EUA (91,0 $\mu\text{g/g}$ ; Sinex *et al.*, 1980).

La Tabla III muestra las concentraciones de materia orgánica en los núcleos y sedimentos superficiales de la Bahía de Bergantín. Los núcleos 1, 2 y 3, los cuales se encuentran cercanos a la orilla, presentan un enriquecimiento con materia orgánica a través del tiempo que es más evidente en los núcleos 1 y 2. Esto puede ser debido a posibles derrames de crudo y a los efluentes domésticos e industriales que eran vertidos en dicha región. Este comportamiento también es observado en menor grado para los núcleos 5 y 9.

Las concentraciones de los metales pesados en los sedimentos dependen del contenido de materia orgánica presente en los mismos y de la textura del grano que compone dichos sedimentos, ya que los metales pesados y la materia orgánica tienden a acumularse en los sedimentos finos tales como limos y arcillas (Bonilla *et al.*, 1998; Fermín y Bonilla, 1996; Bonilla, 1993; Gamboa *et al.*, 1986; Campbell y Loring, 1980; Bonilla y Lin,

1979). En este estudio se presentó una correlación significativa entre los metales pesados totales y la materia orgánica contenida en los sedimentos de la Bahía de Bergantín, lo que está de acuerdo con los autores antes mencionados.

## Conclusiones

La Bahía de Bergantín es un cuerpo de agua marino-costero con un gran impacto antrópico que deteriora la calidad de sus aguas y sedimentos, principalmente debido a las actividades de embarque y transporte de crudo, muelles y tráfico de embarcaciones, además de recibir los efluentes líquidos de las refinerías, muelles y de la ciudad de Puerto La Cruz. Por otra parte, dicha bahía puede ser receptora de los contaminantes transportados por las corrientes superficiales provenientes del sector suroccidental de la Bahía de Pozuelos y del sector más occidental de la Bahía de Pertiagalete (Senior y Aparicio, 1992). Todos estos contaminantes, y en especial los metales pesados, pueden ser adsorbidos por el material en suspensión y por el plancton, y depositarse finalmente en los sedimentos superficiales de la bahía.

Se presenta un enriquecimiento de Cd, Zn, Cr, Pb, entre el fondo y la superficie y de los núcleos de sedimentos de la Bahía de Bergantín, producto de las actividades antrópicas que se desarrollan en la región y que se ha incrementado en el tiempo.

La escala de contaminación es Pb > Cd > Zn > Cr. Pb, Cu y Cd son metales muy tóxicos para la biota marina y el hombre, lo que indica que los sedimentos superficiales de la Bahía de Bergantín constituyen un peligro potencial para el ecosistema en estudio.

Cd, Zn, Cr y Pb se encuentran en una alta proporción adsorbidos en la superficie de las partículas de sedimento o como carbonatos y oxihidróxidos de Mn reactivos, que pueden ser asimilados muy fácilmente por los organismos de las comunidades bentónicas de esta región marino costera, principalmente los moluscos filtradores.

La mayor proporción de Cd, Cr y Pb en las fracciones extraídas de los núcleos corresponde a los metales asociados a los minerales refractarios y no representa peligro para la biota marina. El Zn presenta las mayores proporciones (38,21-97,99%) asociados a la fracción biodisponible, posiblemente producto de las actividades antrópicas que se desarrollan en esta región.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento del presente estudio (CI-5-1801-0812/98).

## REFERENCIAS

- Agemian H, Chau A (1977) A study of different analytical extraction methods for nondetrital heavy metals in aquatic sediments. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 6: 69-82.
- Aparicio R, Senior W (1991) Caracterización ambiental del área de Jose. Proyecto AFEAM. Convenio IOV (UDO)-Corpoven. 131 pp.
- Arencibia G, Carrodeguas C, Romero T (1992) Contaminación por metales pesados en los sedimentos de la Bahía de Cárdenas, Cuba. *Ciencias Marinas* 18: 167-180.
- Belzile N, Lecomte PY, Tessier A (1989) Testing readsorption of trace metals during partial chemical extractions of bottom sediments. *Environ. Sci. Technol.* 23: 1015-1020.

TABLA III  
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) EN LOS NÚCLEOS  
DE SEDIMENTOS DE LA BAHÍA DE BERGANTÍN

PROF. (Cm)	NÚCLEO 1	NÚCLEO 2	NÚCLEO 3	NÚCLEO 5	NÚCLEO 9
SUP.	13,8	11,53	14,91	16,2	5,6
5	13,89	12,84	16,62	17,55	12,48
10	12,92	11,55	16,08	17,45	12,15
15	13,4	9,74	15,53	15,91	11,92
20	12,45	10,51	15,87	16,48	11,18
25	13,54	9,94	15,39	15,37	11,43
30	11,64	10,03	15,21	15,9	11,58
35	13,05	9,24	14,86	15,39	11,75
40	11,86	8,00	13,98	14,43	10,64
45	11,85	7,88	14,39	15,83	10,73
50		7,87	14,66	15,05	10,98
55				15,13	11,39

- Bonilla J (1993) Características hidrogeoquímicas; comportamiento y significado de modelos estadísticos multivariantes al bioecosistema marino de Jose, Edo. Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de ascenso. IOV, UDO. 231 pp.
- Bonilla J, Lin A (1979) Materia orgánica en los sedimentos de los Golfo de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venezuela, UDO*, 18: 37-52.
- Bonilla J, Cedeño G, Gamboa B (1986) Características químicas de sedimentos de la bahía de Pozuelos y áreas Adyacentes, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venezuela, UDO*, 25: 215-231.
- Bonilla J, Fermín J, González C (1998) Análisis estadístico multivariante aplicado al grado textural y a los aspectos geoquímicos de los sedimentos del ecosistema marino costero de Jose, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venezuela, UDO*, 37: 53-62.
- Callaway J, Delaune R, Patrick W (1998) Heavy Metals chronology in selected coastal Wetlands from Northern Europe. *Mar. Poll. Bull.* 36: 82-96.
- Campbell J, Loring D (1980) Baseline level of heavy metals in the waters and sediments of Baffin Bay. *Mar. Poll. Bull.* 11: 257-261.
- Cedeño G, Gamboa B, Bonilla J (1986) Presencia de hidrocarburos y residuos de alquitran en costas del Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venezuela, UDO*, 25: 241-246.
- Chester R, Hughes M (1967) A chemical Technique for the separation of ferro-manganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. *Chem. Geol.* 2: 246-262.
- Eggemann D, Betzer P (1976) Decomposition and analysis of refractory oceanic suspended materials. *Anal. Chem.* 48: 886-890.
- Fermín J, Bonilla J (1996) Aplicación de análisis estadístico multivariante al contenido de metales pesados en sedimentos de la Bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui, Venezuela. III Congreso Científico de la Universidad de Oriente. Maturín, Edo. Monagas. *Saber (Supl)*: 27-28.
- Gamboa B, Bonilla J (1983) Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO*, 22: 233-240.
- Gamboa B, Bonilla B, Cedeño G (1986) Concentración de algunos metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO*, 25: 233-240.
- González H (1985) Contaminación de los sedimentos por metales pesados. En *Investigación y control de la contaminación de la Bahía de la Habana*. Vol. I y II. Cap. 13. pp. 201-206.
- González H (1991) Heavy metals surveys in sediments of five important Cuban Bays. *Biogeochem.* 14: 113-128.
- González H, Ramírez M (1995) The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *J. Geochem. Exp.* 52: 185.
- Gutiérrez-Galindo E, Flores M, Ortega V, Villaescusa J (1994) Metales pesados en Sedimentos de la costa fronteriza Baja California (Mexico)-California (EUA). *Ciencias Marinas* 20: 105-124.
- Hirmer AV (1992) Trace element speciation in soils and sediments using sequential chemical extraction methods. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 46: 77-85.
- Horowitz AJ (1991) *A Primer on Sediments. Trace Element Chemistry*. 2<sup>da</sup> ed. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan. 136 pp.
- Hoshika A, Shiozawa T (1986) Heavy metals and accumulation rates of sediments in Osaka Bay, the Seto Inland Sea, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 41: 39-52.
- Izquierdo C, Usero J, Gracia I (1997) Speciation of heavy metals in sediments from Salt Marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. *Mar. Poll. Bull.* 34: 123-128.
- Jackson T (1979) Sources of Heavy Metals Contamination in River - Lakes System. *Environ. Pollut.* 18: 131-138.
- Kersten M, Förstner U (1986) Chemical fractionation of heavy metals in anoxic estuarine and coastal sediments. *Wat. Sci. Tech.* 18: 121-130.
- Kersten M, Förstner U (1991) Speciation of trace elements in sediments. En Battley GE (Ed) *Trace Elements Speciation: Analytical Methods and problems*. CRC Press. Boca Raton. pp. 245-317
- Landing WM, Bruland KW (1980) Manganese in the North Pacific. *Earth Planet. Sci. Lett.* 49: 45-56.
- Landing WM, Bruland KW (1987) The contrasting biogeochemistry of iron and manganese in the Pacific Ocean. *Geochim. Cosmochim. Acta* 51: 29-43.
- Landing WM, Lewis BL (1991) Collection, processing and analysis of marine particulate and colloidal material for transition metals. En Hurd DC, Spencer DW (Eds.) *Marine Particles: Analysis and Characterization*. American Geophysical Union. Washington, D.C. pp. 263-272.
- Lewis BL, Landing WM (1992) The investigation of dissolved and suspended particulate trace metal fractionation in the Black Sea. *Mar. Chem.* 40: 105-141.
- Martínez G (1996) *Algunos metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Edo. Sucre, Venezuela*. Trabajo de ascenso. UDO. 48 pp.
- Martínez G, Senior W (2001) Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del Río Manzanares, Venezuela. *Interciencia* 26: 53-61.
- Mogollón J, Ramírez A, Bifano C (1989) Determinación de niveles de contaminación en sedimentos costeros del estado Anzoátegui. *VII Congreso Geológico Venezolano*, Barquisimeto, Venezuela. pp. 1121-1230.
- Perkins E, Gilchrist J, Abbot O, Halcrow W (1973) Trace metals in solway firth sediments. *Mar. Pollut. Bull.* 4: 59-61.
- Rantala R, Loring D (1985) Partition and determination of cadmium, copper, lead y Zinc in marine suspended particulate matter. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 19: 165-173.
- Rubio R, López-Sánchez JF, Rauret G (1991) La especiación sólida de trazas de metales en sedimentos. Aplicación a sedimentos muy contaminados. *Anales de Química* 87: 599-605.
- Sadiq M (1992) *Toxic metals in marine environments*. Marcel Dekker. New York. 389 pp.
- Senior W (1994) *Estudio del biosistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu*. Informe del Proyecto CONICIT PC 074. Cumaná. 395 pp.
- Senior W, Aparicio R (1992) *Estudio ambiental de las costas del Estado Anzoátegui*. Proyecto EACA-Aea de Jose. Informe final. Convenio IOV (UDO)-Corpoven. 221 p.
- Sinex S, Castillo A, Hetz G (1980) *Accuracy of acid extraction methods for trace metals in seawater*. *Anal. Chem.* 52: 2342-2346.
- Tessier A, Campbell PGC (1979) Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51: 844-851.
- Tessier A, Campbell PGC (1987) Partitioning of trace metals in sediments. Relationships with bioavailability. *Hidrobiología* 149: 43-52.
- Villanueva FS, Páez-Osuna F (1996) Niveles de Metales en el Golfo de México: Agua, Sedimentos y Organismos. En Botello AV, Rojas-Galaviz JL, Benítez JA, Zárate-Lomelí D (Eds.) *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica, 5. pp. 309-347.