



## METALES EN SEDIMENTOS DE LA BAHIA DE MONTEVIDEO<sup>(\*)</sup>

*Henry Moresco e Isabel Dol*

Cátedra de Análisis Instrumental, Facultad de Química  
Universidad de la República  
General Flores 2124. 11800 Montevideo (Uruguay)

**RESUMEN.** Se estudió la distribución de plomo, cobre y cadmio en muestras superficiales de sedimentos de fondo de la bahía de Montevideo. Las muestras fueron tratadas con una secuencia de reactivos de acuerdo con una técnica de especiación. Se observó la distribución de los metales en las diferentes fracciones del sedimento. Se halló cierto grado de contaminación por plomo y cobre, posiblemente proveniente de actividad urbana para el primero y de actividades industriales para el segundo. El cadmio presentó una distribución homogénea en todos los puntos muestreados, posiblemente debido a la formación de clorocomplejos que favorecen su movilidad.

**ABSTRACT.** Metal speciation in the Montevideo Bay sediments.

The distribution of lead, cadmium and copper in surface sediments of the Montevideo Bay was studied using a speciation technique. The Montevideo Bay is an aquatic system in the city of Montevideo, Uruguay, located at the Río de la Plata system. Montevideo Bay has a surface of 10 km and 5 m of mean depth. Slim and Clay prevail, exerting a true support effect on the metal pollutants. Very little has been published on the metal pollution in rivers of this country. Industrial contamination from copper and urban contamination from lead were found.

(\*) Subvencionado por el Programa de Desarrollo de Ciencias Básicas (PEDECIBA) y el Consejo Nacional de Investigación de Ciencia y Tecnología (CONICYT), Uruguay.

## INTRODUCCION

Es muy escasa la información disponible acerca de la contaminación por metales en la bahía de Montevideo. El único trabajo reportado al respecto fue realizado por Moyano *et al.* (1993). En pro de un mejor cuidado del ambiente, en 1990 se realizó un relevamiento de industrias y sus potenciales implicancias en la contaminación (García Agudo, 1990). De esta manera se realizó el primer diagnóstico de la situación en el Uruguay. En el mismo se constata la existencia de plantas de tratamiento de efluentes industriales, que no son operadas con eficiencia. A esto se le suma la enorme cantidad de industrias que trabajan a nivel artesanal volcando sus desechos en la red doméstica. La importancia de este estudio se justifica por la existencia de zonas destinadas a la recreación dentro de la bahía. Además, por tratarse de un área industrializada con escasos controles sobre sus efluentes industriales, representa un importante aporte de contaminantes al Río de la Plata.

Los contaminantes metálicos ingresan al medio acuático ya sea disueltos o en el material particulado, a través de la atmósfera o por efluentes. Allí, sufren transformaciones tales como fenómenos de adsorción y desorción, adaptándose a las nuevas condiciones del medio (pH, potencial redox, dureza, temperatura). El sedimento actúa como sumidero de los metales; cuando cambian las condiciones del medio puede funcionar como fuente contaminante.

El metal puede estar adsorbido, precipitado o coprecipitado en el sedimento o bien integrando la matriz de silicatos. Desde el punto de vista ecotoxicológico,

este último carece de importancia ya que se necesitan condiciones muy drásticas para ponerlo a disposición de la biota. El metal adsorbido está adherido al sedimento ya sea por fuerzas de Van der Waals (adsorción física), por enlace químico (adsorción química) o por intercambio iónico (Bornemisza, 1982). Mediante la metodología analítica adecuada, se ponen en solución los metales en función de la forma química o física en que se encuentren, a esto se le llama especiación y, en este sentido, se han propuesto muchos métodos de trabajo.

Los diversos métodos de especiación que se han desarrollado, permiten discernir sobre la forma química o física del metal en el sedimento. Tessier *et al.* (1979) han diseñado un método de análisis desarrollando un tratamiento secuencial que ha sido considerado como modelo. En éste se definen cinco fracciones: intercambiable, carbonática, de óxidos, orgánica y residual.

En el presente trabajo el sedimento se trata con una secuencia de reactivos que van liberando los metales y los van poniendo en solución para su determinación por absorción atómica. Mediante el análisis de la distribución de los metales en las diferentes fracciones es posible predecir su destino en función de los cambios naturales o antropogénicos del medio.

## MATERIAL Y METODOS

### Area de estudio

La bahía de Montevideo (34° 52' - 34° 55' S y 56° 11' - 56° 14' W) abarca aproximadamente 10 km<sup>2</sup> (Fig. 1), con una profundidad media de 5 m. Recibe los aportes de sus tributarios naturales,



Fig. 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la bahía de Montevideo.

arroyos Pantanoso y Miguelete, de muy bajo caudal pero altamente eutroficados. Por el sur, recibe la influencia del Río de la Plata, que en esta zona presenta una gran variación de salinidad (de 0 a 33 g/l).

Aproximadamente el 90% del fondo está constituido por limo y el 5% por limo-arcilla, el resto es arena y limo-arena. Predominan vientos de los sectores NE y W-SW, siendo esto muy importante en la circulación del agua debido a su escasa profundidad.

### Metodología

Se extrajo el sedimento superficial de fondo mediante una draga metálica revestida de pintura epoxi. Luego de ser recogida con la muestra, con la ayuda de una bolsa de polietileno, se tomó el sedimento de la parte central. La bolsa se invirtió y se guardó en otra del mismo material, conservada al frío hasta su traslado al laboratorio. En él, se homogenizan dentro del mismo recipiente y luego se liofilizan, se tamizan con malla

de material plástico de 63  $\mu\text{m}$ , recogiendo la fracción fina para su análisis. De acuerdo con la clasificación de Shepard (1954), ésta comprende limos y arcillas, las cuales son las más ricas en metales antropogénicos (Salomons y Förstner, 1984). El sedimento fino y seco se conserva en bolsas de polietileno hasta su análisis. Luego del tratamiento correspondiente a cada fracción, se centrifuga a 1500 r.p.m. y se separa la fase acuosa, destinándose este último al tratamiento de la fracción siguiente. Al finalizar el cuarto, el sedimento no se dispone para el análisis de la fracción residual pues se busca el metal extraíble. Estos se determinan mediante absorción atómica usando llama de aire-acetileno.

### RESULTADOS

Las concentraciones mayores de plomo y de cobre se encuentran en los puntos B02 y B03. El 83% del plomo se encuentra distribuido entre las fracciones carbonática y de óxidos; el mismo porcentaje de cobre se encuentra entre las carbonática y orgánica. El cadmio presenta una distribución más homogénea (Cuadro 1).

### DISCUSION Y CONCLUSIONES

La máxima concentración de plomo en la bahía se presenta en las estaciones B02 y B03 disminuyendo en el mismo sentido en que circula el agua. Frente a la estación B03 se localiza el 30% de los vertederos que descargan directamente a la bahía, los cuales son una importante vía de acceso de plomo al medio acuático, debido al lixiviado de las calles y la consiguiente limpieza de la ciudad de partículas cargadas del metal proveniente de la combustión de los autos. El he-

Cuadro 1. Distribución de metales en las diferentes fracciones del sedimento (concentración expresada en mg de metal por kg de sedimento seco y menor de 63  $\mu\text{m}$ ).

		Puntos de muestreo									
		B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10
Intercambiable	Pb	1,6	<1,3	1,3	<1,3	3,1	<1,3	1,4	2,4	<1,3	<1,3
	Cd	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1	0,4	0,1	<0,1
	Cu	<0,2	0,9	1,4	0,4	<0,2	1,6	1,6	1,0	<0,2	<0,2
Carbonática	Pb	15,0	52,8	43,9	16,5	41,0	15,7	13,8	12,8	9,5	3,4
	Cd	0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	<0,1	<0,1	0,5	0,5	0,1
	Cu	4,6	9,9	20,2	8,4	23,5	6,8	8,1	4,1	1,7	1,4
De óxidos	Pb	18,5	71,7	76,1	14,1	48,0	8,7	11,4	7,8	6,8	4,1
	Cd	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4	0,3	0,5	0,5	0,9	0,6
	Cu	3,2	1,5	1,3	0,5	1,7	3,0	2,0	2,8	<0,4	<0,4
Orgánica	Pb	6,4	22,0	15,7	7,8	14,5	13,2	7,4	<4,2	<4,2	<4,2
	Cd	0,2	0,2	<0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,7	0,2
	Cu	17,9	48,6	49,6	19,8	28,5	13,9	11,5	4,7	6,5	4,7

cho de estar en presencia de contaminación urbana se confirma por el desagüe de trece vertederos en el curso del arroyo Miguelete, en cuya desembocadura se ubica el punto de muestreo B02. Se distribuye primordialmente entre las fracciones carbonáticas y de óxidos. Esto implica que un gran porcentaje del metal puede ser removido del sedimento por descenso de pH (carbonática) o por disminución del potencial redox (de óxidos) debido al ingreso de materia orgánica o por estancamiento del agua (disminución en el contenido de oxígeno disuelto).

En la estación B09 se presenta la máxima concentración de cadmio. Se trata de

un punto en donde no se vuelcan desechos y probablemente su presencia se justifique por la formación de clorocomplejos, que movilizaron el metal hasta dicho punto. Este se distribuye en forma igualmente importante en las cuatro fracciones. Su presencia en la intercambiable es más importante respecto al plomo y cobre lo cual está de acuerdo con lo constatado en otros ambientes (Bower *et al.*, 1978; Groth, 1971), teniendo implicancias muy peligrosas, pues el metal adsorbido es fácilmente liberado por disminución del pH (naturalmente provocado por posible lluvia ácida o artificialmente por aporte de efluentes ácidos) o por aumento en la

fuerza iónica del agua (como puede ocurrir por el ingreso de agua salada proveniente del Río de la Plata).

El 65% del cobre se encuentra en la fracción orgánica, lo cual estaría de acuerdo con el orden de estabilidad de compuestos metálicos con ácidos húmicos y fúlvicos (Förstner, 1977; Jonasson, 1977). Muy poco de este metal se encuentra en la fracción de óxidos. La distribución espacial del cobre total extraíble, sigue un comportamiento muy similar al del plomo por lo cual podría suponerse un origen común, aunque se observan diferencias como se desprende de sus distribuciones en las diferentes fracciones.

## REFERENCIAS

- Bornemisza, E. 1982. Introducción a la Química de Suelos. *Secretaría General OEA, Prog. Reg. Desarrollo Científico y Tecnológico* 25: 37-54.
- Bower, P. M., H. J. Simpson, S. C. Williams y Y. H. Li. 1978. Heavy metals in the sediments of Foundry Cove. *Environ. Sci. Technol.* 12: 683-687.
- Förstner, U. & G. T. W. Wittmann 1979. Metal pollution in the aquatic environment. *Springer-Verlag*, Berlín, 481 pp.
- García Agudo, E. 1990. Químicos tóxicos y medio ambiente. Situación en el Uruguay. *Estudio Ambiental Nacional, OPP-BID-OEA, Montevideo*: 2-44.
- Groth, P. 1971. Untersuchungen über einigen Spurenelemente in Seen. *Arch. Hydrobiol.* 68: 305-375.
- Jonasson, Y. R. 1977. Geochemistry of sediment/water interactions of metals including observations on availability. En: H. Shear y A. E. Watson (eds.) The fluvial transport of sediment-associated nutrients and contaminants. *IJC/PLUARG, Windsor/Ont.*: 255-271.
- Moyano, M., H. Moresco, M. Osadilla, J. Blanco y A. Caballero. 1993. Baseline studies of coastal pollution by heavy metals, oil and PAHs in Montevideo. *Mar. Pollut. Bull.* 26: 461-464.
- Salomons, W. y U. Förstner. 1984. Interaction with ligands, particulate matter and organisms. (5-58). En: Metals in the hydrocycle. *Springer-Verlag*, Berlín, 481 pp.
- Shepard, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sedim. Petrol.* (24): 151-158). En: J. P. Riley y R. Chester (eds.) Introducción a la química marina. México, 459 pp.
- Tessier, A., P. G. C. Campbell y M. Bisson. 1979. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Anal. Chem.* 51: 844-851.

Recibido/Received/: 22 marzo 1996.  
Aceptado/Accepted/: 29 mayo 1996.