

# EVALUACION DE LOS CONTENIDOS DE HIERRO Y MANGANESO EN SEDIMENTOS DE LA BAHIA DE CARTAGENA

A. Galeano, M. Duarte\* y C. Marciales\*

\*Departamento de Química, Facultad de Ciencias,  
Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490 Bogotá, Colombia.

Keywords: Sediments, Cartagena Bay, Iron, Manganese, Atomic Absorption.

## RESUMEN

En este estudio fueron evaluados los niveles de hierro y manganeso presentes en sedimentos de la Bahía de Cartagena, Colombia.

La extracción de los metales se hizo empleando una mezcla de  $\text{HNO}_3\text{-HCl } 90:10$  y se determinaron por el método de absorción atómica por llama realizando un estudio previo de la interferencia de los elementos mayores sodio, potasio, magnesio y calcio sobre la señal de absorción atómica. Estos elementos mayores no afectaron la señal de absorción del hierro, mientras que para el manganeso, solamente el magnesio y el calcio disminuyeron la señal de absorción atómica.

Para las estaciones localizadas dentro de la bahía, los contenidos de hierro y manganeso promedio estuvieron entre 27551 - 39598 y 306 - 715 mcg/g, respectivamente. Estos valores son menores que los dados para los sedimentos "Shale", considerados como patrón mundial de comparación; en igual forma las arenas de las estaciones fuera de la bahía muestran valores inferiores que los niveles naturales para las arenas.

Se compararon estadísticamente los promedios de las estaciones, de acuerdo con el método de Mann-Whitney y se observó que la bahía no es un sistema homogéneo respecto a los contenidos de hierro y manganeso. Se encontró correlación positiva y significativa a un nivel del 5% entre los contenidos de hierro y manganeso.

## ABSTRACT

In this study, iron and manganese levels were determined in sediment samples from Cartagena bay (Colombia).

A  $\text{HNO}_3\text{:HCl } 90:10$  mixture was used for extracting the metals from sediments. The flame atomic absorption method was chosen for iron and manganese evaluation.

tion. It was determined the Na, K, Mg, Ca effect in the iron and manganese atomic absorption signal. These major elements not affect the iron signal while Mg and Ca made manganese atomic absorption signal be lower.

Iron and manganese levels varied from 27551 to 39598 and 306 to 715 mcg/g respectively. These levels are lower than those considered as natural levels for "Shale", mentioned as worldwide pattern for recent aquatic sediments. In the same way, the sands of the outside stations showed lower contents than those ground values for sands.

The Mann-Whitney's test was used to determine significant differences between averages levels for each station with respect to iron and manganese contents. The results showed that the Cartagena bay is a non-homogeneous system. It was observed a positive and significant correlation in a 5% level between iron and manganese.

## INTRODUCCION

Los metales pesados que llegan al medio marino tienden a ser absorbidos por el material suspendido o son precipitados por lo que se encuentran principalmente en sedimentos. El comportamiento y acumulación de éstos está fuertemente influenciado por la presencia de los óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, los cuales son sensibles a las fluctuaciones de las condiciones físico-químicas que ocurren en el medio marino, tales como variaciones en el pH y cambios en los potenciales redox (1,2).

Diversos estudios indican que los sistemas estuarinos son los ambientes acuáticos con mayor probabilidad de presentar contaminación por metales pesados, especialmente si dan asiento a zonas altamente pobladas e industrializadas (1). La bahía de Cartagena, localizada en el noroeste del litoral Atlántico colombiano, es un sistema estuarino en el cual se mezclan las aguas dulces del canal del Dique, provenientes del río Magdalena, con las aguas saladas del mar Caribe y semienterrada por la isla de Tierrabomba. En la bahía se encuentra la ciudad de Cartagena, aproximadamente con 500.000 habitantes, visitada por cerca de 300.000 personas al año; también está localizada la zona industria de Mamonal que hace de Cartagena la cuarta ciudad industrial del país.

Este estudio busca contribuir a la caracterización de los sedimentos de la bahía de Cartagena y sus objetivos fueron determinar los niveles de concentración de hierro y manganeso y adecuar el método de absorción atómica con llama para el análisis de estos elementos en sedimentos, realizando un estudio de las interferencias de los elementos mayores, sodio, potasio, calcio y magnesio sobre sus correspondientes señales.

## MATERIALES Y METODOS

**Recolección y preservación de sedimentos.** Para la realización de este trabajo se utilizaron las muestras de sedimentos recolectadas en el período de abril de

1984 a febrero de 1985, por Duarte, M. (3) y Marciales, C. (4), correspondientes a seis muestreos bimensuales. En la Figura No. 1 aparecen localizadas las nueve estaciones que fueron seleccionadas para la toma de muestras. Los sedimentos fueron sometidos a proceso de secado en estufa de circulación a temperatura entre 40 y 50°C; luego guardados en bolsas de polietileno y preservados adecuadamente.

**Extracción de Hierro y Manganeso.** La mayoría de los métodos de extracción se basan en el hecho de que los metales pesados de origen antropogénico son absorbidos predominantemente en la fracción fina (arcillas y limos). Las zonas estuariñas usualmente contienen alta proporción de lodos finos. La extracción de los metales se hizo utilizando una mezcla de HNO<sub>3</sub> y HCl en proporción 9:1, según el método dado por Sinex y Cantillo (5), haciéndole algunas modificaciones como se describe en los trabajos de Duarte, M. (3) y Marciales, C. (4).

**Estudio de interferencias.** El efecto de la presencia de los elementos mayores, sodio, potasio, magnesio y calcio sobre la señal de absorción atómica de hierro y manganeso se llevó a cabo preparando soluciones patrón con contenidos constantes de estos elementos (4 mcg/mL de hierro y 12 mcg/mL de manganeso) y a cada una se le adicionó cloruro de sodio para obtener un intervalo de concentración entre 0 y 2600 mcg/mL de Na. Este procedimiento se repitió para el potasio, el magnesio y el calcio, con los siguientes intervalos de concentración: K 0-250 mcg/mL; Mg 0-720 mcg/mL y Ca 0-4400 mcg/mL.

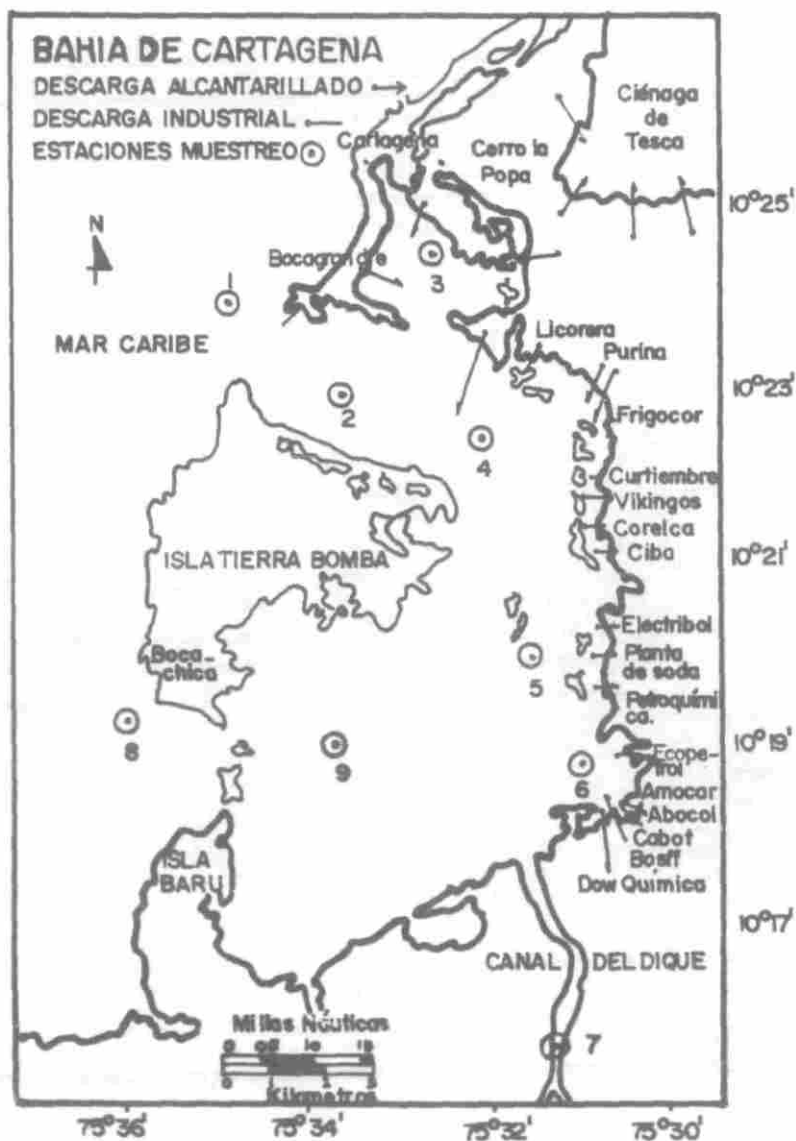
Estos intervalos de concentración de elementos mayores se escogieron con base en los contenidos encontrados en los sedimentos de la bahía de Cartagena (3,4). Con los mismos intervalos de elementos mayores se repitió el experimento para un nivel de concentración de hierro y manganeso de 16 y 24 mcg/mL respectivamente.

**Análisis de Hierro y Manganeso.** Se llevó a cabo por espectrofotometría de absorción atómica, en un equipo Perkin Elmer 303. Las condiciones de análisis fueron optimizadas a partir de las recomendaciones dadas por el catálogo del instrumento.

Los contenidos de los elementos mayores presentes en los sedimentos de las estaciones 1, 2, 5, 6, 7 y 9 fueron bajos y por lo tanto la evaluación de manganeso se hizo en una curva de calibración preparada en HNO<sub>3</sub> al 5% cuyos contenidos de sodio, potasio, magnesio y calcio fueron de 200, 50, 500 y 200 mcg/mL respectivamente.

Las muestras de la estación 8 presentaron niveles altos de calcio y su evaluación se hizo en una curva de calibración preparada en HNO<sub>3</sub> al 5% con contenidos de Na, K, Mg y Ca de 200, 50, 500 y 3500 mcg/mL. Las muestras de las estaciones 3 y 4 presentaron contenidos altos de los elementos mayores y el análisis de manganeso se llevó a cabo con una curva de calibración cuyos contenidos de Na, K, Mg y Ca fueron de 1500, 200, 500 y 3500 mcg/mL respectivamente.

Figura 1 - LOCALIZACION ESTACIONES DE MUESTREO EN LA BAHIA DE CARTAGENA .



Para la evaluación de hierro fue necesario diluir los extractos 100 veces, excepto para las muestras de la estación 8 cuya dilución fue de 50 veces, disminuyendo la concentración de los elementos mayores en estas proporciones y por esta razón se hizo el análisis con una curva de calibración preparada en  $\text{HNO}_3$  al 5%, sin adición de elementos mayores.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Estudio de interferencias.** En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se presentan los resultados del efecto de la presencia de los elementos mayores sobre la señal de absorción atómica del hierro y del manganeso. Se observó que la presencia de sodio, potasio, magnesio y calcio no afecta la señal del hierro, pues en los niveles de concentración estudiados, los valores de absorbancia prácticamente se mantienen invariables.

Para el manganeso, solamente el magnesio y el calcio disminuyen la señal de absorción atómica, siendo mayor el efecto de la presencia de calcio en la reducción de la absorbancia.

**Evaluación de Hierro y Manganeso.** Los contenidos promedio de hierro y manganeso por estación y por época de muestreo se presentan en las Figuras 6 y 7. Se observa la variabilidad existente en cada una de las zonas muestreadas y para toda la bahía.

**Figura 2 - EFECTO DEL Na SOBRE LA SEÑAL DE ABSORCION ATOMICA DE Fe y Mn**

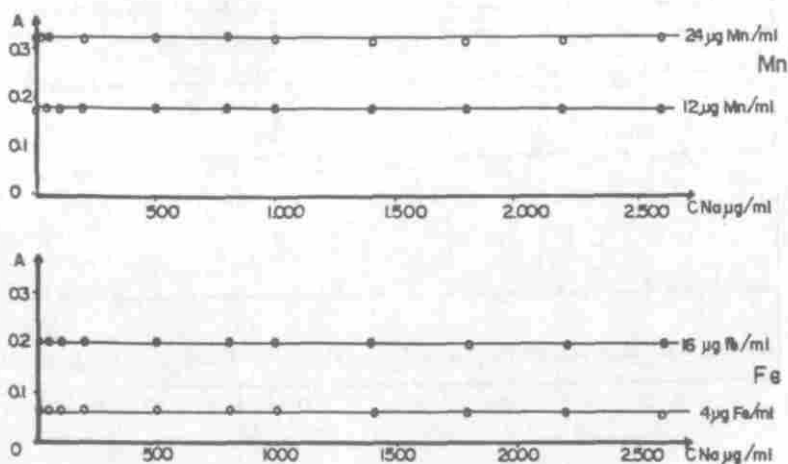


Figura 3- EFECTO DEL K SOBRE LA SEÑAL DE  
 ABSORCION ATOMICA DE Fe y Mn

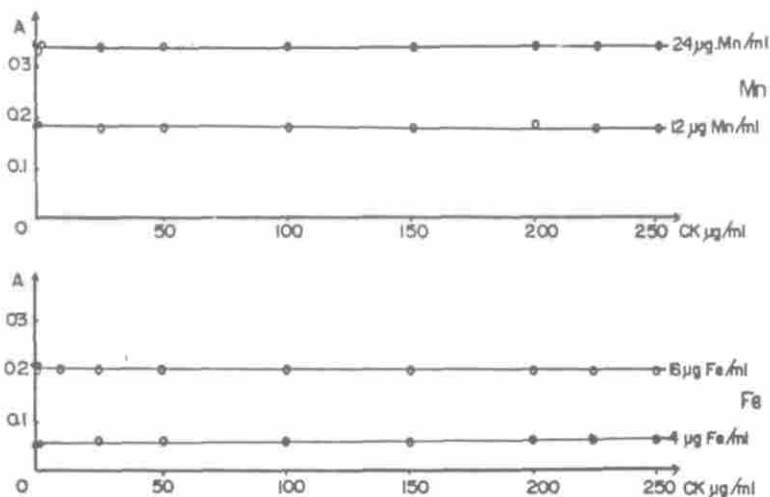


Figura 4- EFECTO DEL Mg SOBRE LA SEÑAL DE  
 ABSORCION ATOMICA DE Fe y Mn

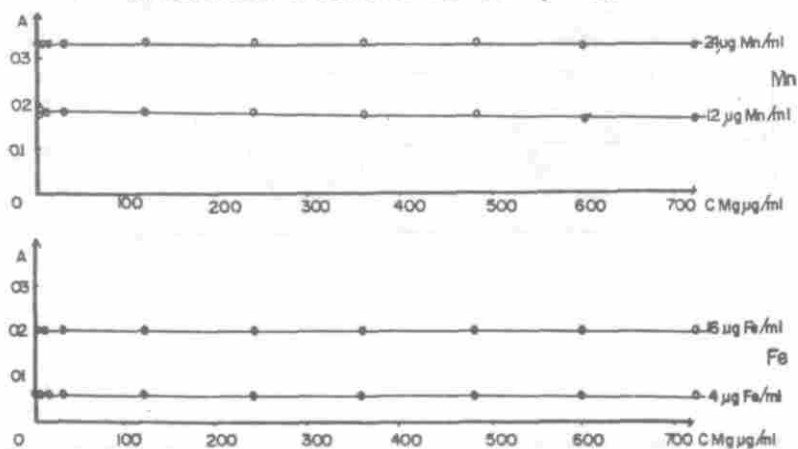


Figura 5 - EFECTO DEL Ca SOBRE LA SEÑAL DE ABSORCION ATOMICA DE Fe y Mn

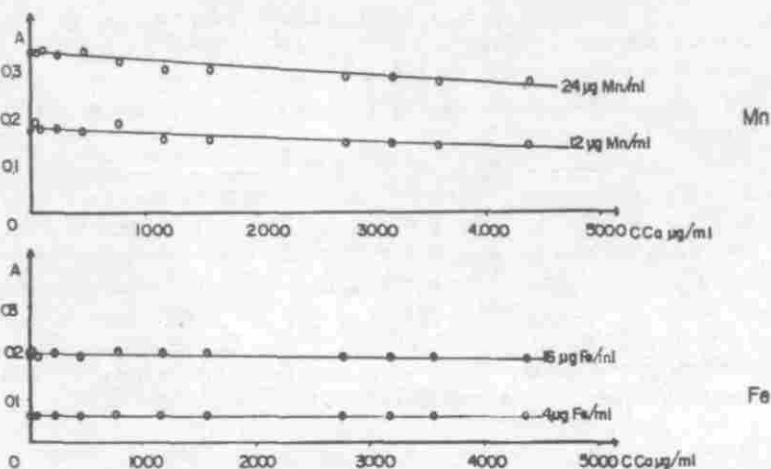
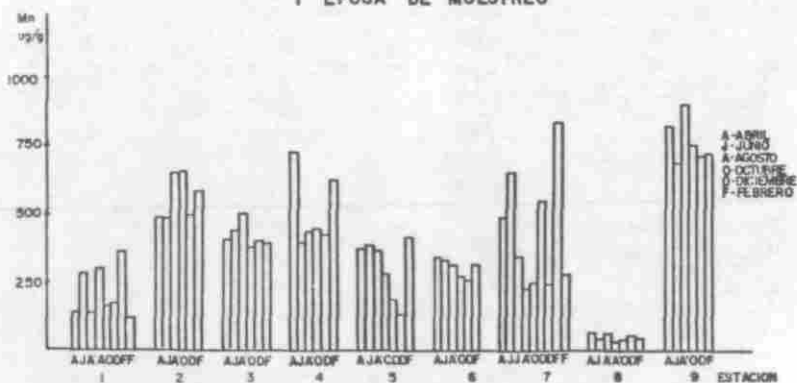


Figura 6 CONTENIDOS PROMEDIO DE HIERRO POR ESTACION Y EPOCA DE MUESTREO



Figura 7 CONTENIDOS PROMEDIO DE MANGANESO POR ESTACION Y EPOCA DE MUESTREO



Las estaciones 1 y 8 localizadas fuera de la bahía, presentan los menores contenidos de hierro y manganeso para todo el período estudiado, siendo menores los valores de la estación 8, en todos los muestreos. Durante la mayor parte del tiempo, la estación 1 mostró valores menores para Fe y Mn que las estaciones ubicadas dentro de la bahía. La estación 7, localizada en el canal del Dique, muestra fluctuaciones apreciables para ambos elementos, en razón a que son sedimentos de río que se encuentran a poca profundidad, con una dinámica de depósito y arrastre muy grande.

En la Tabla 1 se presentan los resultados correspondientes a los valores promedio de los contenidos de hierro y manganeso para las estaciones muestreadas en el período estudiado. Se observó que estos valores son semejantes y por esta razón se realizó la comparación de medias utilizando el método de contraste por suma de rangos de Mann-Whitney (6); se aplicó este método estadístico porque los datos no presentaron una distribución normal. De este análisis se deduce que no se puede considerar a la bahía como un sistema homogéneo, con relación a los contenidos de hierro y manganeso en sus sedimentos.

Se realizó un análisis de correlación para hierro y manganeso por estación y para toda la bahía, utilizando el método de correlación por rangos de Spearman (6), a un nivel de significancia del 5% y se halló una correlación lineal positiva y significativa. El análisis hecho para cada estación muestra correlaciones positivas y significativas, con excepción de las estaciones 2 y 3.

TABLA No. 1  
CONTENIDO PROMEDIO DE HIERRO Y MANGANESO  
PARA EL PERIODO ABRIL 84/FEBRERO 85

ESTACION	HIERRO	COEFICIENTE DE VARIACION	MANGANESO	COEFICIENTE DE VARIACION
	CONTENIDO PROMEDIO <sup>a</sup> ug/g		CONTENIDO PROMEDIO <sup>a</sup> ug/g	
1	18533	48.4	204	39.2
2	37449 <sup>b</sup>	7.8	542 <sup>b</sup>	15.5
3	27551	19.9	416	11.5
4	30812	11.7	503	26.0
5	35651	19.0	322	28.6
6	39598	1.9	306	9.8
7	29063	260	419	48.4
8	4537 <sup>b</sup>	234	48 <sup>b</sup>	16.7
9	37231	14.1	715	22.1

a: Número de muestras n=24

b: Estación 2n=22; estación 8n=20



Para la bahía de Cartagena no se conocen los niveles naturales de estos metales antes de recibir la influencia de las diversas y numerosas actividades humanas. Por esta razón se compararon con los niveles del sedimento fósil arcilloso "Shale" considerado como patrón a nivel mundial; pues según algunos autores se asemeja a los sedimentos acuáticos recientes. Los niveles de hierro y manganeso, encontrados en la bahía de Cartagena, son menores que los valores dados como promedio mundial para el sedimento "Shale" (hierro 46700 mcg/g y manganeso 850 mcg/g) y similares a los encontrados en otros estuarios del mundo (1,7).

### Reconocimiento

Agradecemos la colaboración brindada por el Departamento de Química y el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CINDEC) de la Universidad Nacional de Colombia, para el desarrollo de este trabajo.

### BIBLIOGRAFIA

1. U. FORSTNER, and G. T. W. WITTMAN. "Metal pollution in the aquatic environment". Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1979.
2. W. SALOMONS, Environ. Tech. Letters, 1980, 1, 356.
3. M. DUARTE. "Estudio de la contaminación por plomo y cromo en la bahía de Cartagena". Tesis de grado Magister Scientiæ en Ambiental. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1987.
4. C. MARCIALES. "Estudio de la contaminación por Cadmio y Zinc en la bahía de Cartagena". Tesis de grado Magister Scientiæ en Ambiental. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1987.
5. A. SINEX, and Y. CANTILLO. Anal. Chem. 1980, 52, 2342.
6. L. CHAO. "Estadística para las Ciencias Administrativas", 2a. edición, McGraw-Hill, 1974, p. 373-391.
7. A. PUCCI. "Heavy metals in water and sediment at the Blanca Bay, Argentina" in Metal in coastal environments of Latin America, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1986, p. 9.