

**CONCENTRACIÓN DE MERCURIO Y ZINC
EN LOS SUELOS SUPERFICIALES ALEDAÑOS
AL BASURERO DE NAVARRO DE LA CIUDAD DE CALI.
DETERMINACIÓN DE SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL**

Claudia Mendoza Marín¹, Luis Ferney González¹

y Norberto Benítez Vásquez^{1*},

¹ Departamento de Química, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia

Recibido Nov-2006, **revisado** Mar-2007, **aceptado** Jun-2007 **Publicado** Dic-2007

Resumen. El contenido de mercurio y zinc en los suelos es importante conocerse debido a que estos metales poseen reconocido efecto sobre la salud de los organismos vivos. El objetivo de este trabajo fue determinar los niveles y la distribución espacial de Hg y Zn en los suelos aledaños al depósito de residuos sólidos de Navarro de la ciudad de Cali-Colombia. Se realizó una grilla cuadrada con los puntos de muestreo separados entre sí 200 m, cubriéndose una área de 4 km² al rededor del relleno sanitario. Se tomaron 369 muestras superficiales de suelo y se cuantificó su contenido de mercurio y zinc por absorción atómica. Aunque los niveles de concentración de estos metales se encuentran entre los rangos permisibles establecidos en normas internacionales, los mapas de distribución muestran una tendencia de acumulación en la zona noroeste del basurero, manifestándose la posibilidad de existir otra fuente de estos metales diferente al relleno sanitario.

Abstract. The mercury and zinc contents in soils are important because these metals are dangerous to human health. The aim of this study was to know the concentration level and the spatial distribution of Hg and Zn in soils from area around of Navarro sanitary landfill (Cali-Colombia). It was made one grid where the sampling points were separated to each other 200 m up to 4 km² around the landfill. 369 soil samples were collected and the Hg and Zn content were measured by cold vapour and flame atomic absorption, respectively. Although the metal concentration is not higher than levels allowed in developed countries, the distribution maps show an accumulation at northwest of landfill location. These results indicate that a source of Hg and Zn in soils different to the landfill can be present.

1. Introducción

La contaminación por metales es uno de los mayores problemas ambientales que genera más preocupación a la comunidad debido al impacto negativo que puede tener sobre el medio ambiente y la salud pública y a la persistencia en el medio por su no biodegradabilidad. Las actividades humanas pueden contribuir a las concentraciones de Hg y Zn en ciertas áreas, por ejemplo, la quema de combustibles fósiles o la incineración de residuos sólidos municipales ^[1,2].

Los rellenos sanitarios generan lixiviados altamente tóxicos ricos en metales procedentes de plaguicidas, pinturas, líquidos de limpieza, tintas de periódicos y otras sustancias, que pueden llegar hasta las aguas freáticas y/o superficiales provocando una expansión del deterioro ambiental ^[3]. En

Colombia no existe ningún depósito final de desechos sólidos que cumpla con los requisitos mínimos de un relleno sanitario, las basuras se llevan indiscriminadamente a sitios cercanos a las ciudades donde la carga contaminante pueden llegar a los suelos, aire, aguas superficiales y subterráneas [4-6]. En la ciudad de Cali y en los municipios de Yumbo y Jamundí se recolectan, por día, aproximadamente 1.800 toneladas de basura las cuales se depositan en un lote de 400.000 m² localizado en el corregimiento de Navarro de la ciudad de Cali. Actualmente reposa una montaña de basura de aproximadamente 40 m de altura sobre un acuífero con un nivel freático alto.

Se han desarrollado diversos trabajos en donde los suelos de algunas regiones aledañas a zonas de explotación minera o depósitos de basura presentan altas concentraciones de metales pesados. Llobet y colaboradores realizaron un trabajo en donde se determina la concentración de As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni y V en muestras de suelo y herbaje, recolectados en la vecindad de un depósito incinerador de residuos sólidos municipales en Tarragona (Cataluña, España). Se hicieron mediciones antes y después de adoptar la metodología de la incineración de basuras, demostrándose el impacto que ésta tiene en los suelos vecinos ya que les enriqueció el contenido de estos metales [7].

El propósito de este trabajo fue evaluar los niveles de contaminación por mercurio y zinc en los suelos aledaños al depósito de basuras de Navarro de la ciudad de Cali, ya que en la actualidad no se tiene conocimiento de las concentraciones ni de su distribución espacial.

Los resultados obtenidos con este estudio permitieron conocer la distribución de zinc y mercurio en la vecindad del relleno sanitario y el riesgo potencial de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Dichos resultados servirán de base para futuros trabajos donde se pretenda estudiar con detalle la movilidad de los dos metales y poder hacer un diagnóstico del riesgo de la contaminación de las aguas de la zona y su fitodisponibilidad.

2 Parte Experimental

2.1 Sitio de estudio.

Las muestras de suelo fueron recolectadas en la vecindad del relleno sanitario de la ciudad de Santiago de Cali (corregimiento de Navarro) en una área de aproximadamente 4 km².

2.2 Muestreo.

Se realizó la toma de muestras mediante un muestreo sistemático, para lo cual se siguió una grilla cuadrada en donde los puntos de muestreo estaban separados entre sí por una distancia de 200 m. Se tomaron muestras superficiales de hasta 20 cm de profundidad. En cada punto de muestreo se tomó una muestra compuesta por cuatro submuestras correspondientes a las esquinas de un metro cuadrado, recolectándose un total de 369 muestras.

2.3 Reactivos.

Todos los reactivos químicos usados fueron grado analítico, las soluciones se hicieron en agua milli-Q (Millipore, USA). Las soluciones patrón se prepararon a partir de una solución estándar de 1000 mg/L de cada metal (Merck). La solución de SnCl_2 10% (p/v) fue preparada en HCl 10% (v/v). Todo el material usado para las diluciones, almacenamiento y los experimentos fue lavado con detergente no iónico, enjuagado, colocado en ácido nítrico al 10% (v/v) toda la noche y enjuagado con agua milli-Q antes de usar.

2.4 Tratamiento de las muestras.

Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 2 mm. A cada muestra se le determinó el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el contenido de mercurio y zinc.

2.5 Cuantificación de metales.

Para la extracción de los metales se utilizó la metodología descrita por Benítez ^[8]. Para la cuantificación de zinc y mercurio se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica UNICAM 939, usando la atomización por llama y vapor frío ^[9], respectivamente.

2.6 Análisis estadístico.

Para la caracterización de los resultados los datos fueron resumidos usando media, desviación estándar, el rango de valores y el número de muestras analizadas ^[10].

3. Resultados y Discusión

Las concentraciones estuvieron en el rango de 29.4 - 252.3 mg/kg para el zinc y 0.045 - 0.480 mg/kg para el mercurio (Tabla 1). Los niveles

encontrados para el mercurio son similares a los reportados por Rodríguez et al. en suelos de una zona urbana, la alta dispersión de los resultados es atribuible a la movilidad del metal y a las características de los suelos en estos asentamientos urbanos ^[11]. Aunque la mayor parte de las muestras tuvieron concentraciones del metal por debajo de los límites permisibles en suelos, establecidos por algunas legislaciones internacionales, se pudo observar que aproximadamente el 3 % de las muestras sobrepasan estos límites para Hg y Zn ^[12]. En consecuencia, no se considera una situación de alto riesgo a corto plazo, pero este puede incrementarse a largo plazo debido al carácter acumulativo de los metales.

En zinc se conoce como uno de los elementos más móviles en el suelo, por lo tanto, teniendo en cuenta el alto nivel freático de la zona, es probable que se alcance a contaminar las aguas subterráneas a corto o mediano plazo. Es necesario realizar estudios complementarios para determinar su perfil de distribución en el suelo y evaluar este potencial riesgo.

Tabla 1. Concentraciones de mercurio y zinc en las muestras de suelo.

Metal	Promedio (mg/kg) (n = 369)	Desviación estándar	Rango de concentraciones (mg/kg)	Coefficiente de variación %
Zn	85.9	21.1	29.4 - 252.3	24.5
Hg	0.126	0.049	0.045 - 0.480	38.9

Las Figuras 1 y 2 muestran los mapas de distribución de Hg y Zn en el área estudiada. Estos mapas se obtuvieron utilizando un método de interpolación geoestadístico. Como se puede observar en las figuras, al noroeste del basurero se encontró una tendencia de aumento en la concentración de los metales. Este hecho manifiesta que el foco principal de acumulación, no corresponde al depósito de basuras ya que las curvas de nivel de la zona indican que las pendientes decrecen hacia el sureste, lo cual lleva a deducir que la movilidad más probable por escorrentía de los metales es en esa dirección. Por otro lado, la dirección de los vientos es generalmente noroeste-sureste lo que lleva a suponer que la cantidad de metales transportados eólicamente desde el basurero hacia el noroeste es despreciable, fortaleciéndose de esta manera la hipótesis de que las concentraciones altas al noroeste del basurero no son originadas exclusivamente por éste.

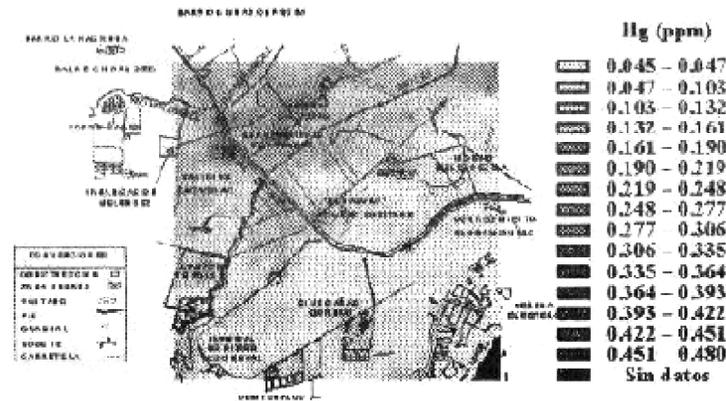


Figura 1. Distribución de Hg en los suelos aledaños al basurero de Navarro

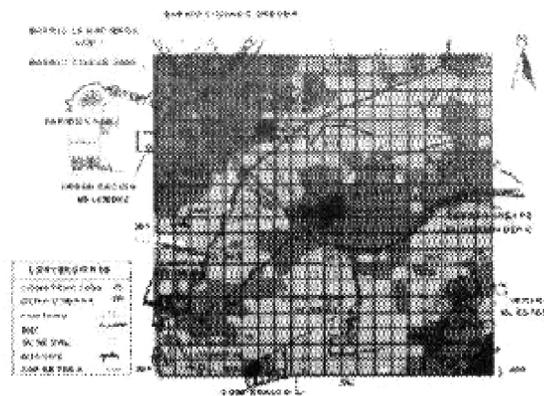


Figura 2. Distribución de Zn en los suelos aledaños al basurero de Navarro

Contrario a lo reportado por King ^[13] y Matos et al. ^[14], no se encontró ninguna relación entre la concentración de los metales con el pH y la CIC, probablemente debido a que el pH de los suelos estudiados fue casi constante, sin embargo es necesario determinar la biodisponibilidad de estos metales en el ecosistema para poder predecir el riesgo de inclusión en la cadena trófica.

Relación entre los niveles de mercurio y zinc con el pH y la CIC

Para determinar la correlación entre la concentración de cada metal y el pH y la CIC, se llevó a cabo una correlación cruzada entre los dos parámetros

para cada punto, utilizando las siguientes expresiones de covarianzas (Cov_{ij}) y correlación ($Corr_{ij}$):

$$Cov_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (Z_{ik} - \mu_i)(Z_{jk} - \mu_j)}{n-1} \quad Corr_{ij} = \frac{Cov_{ij}}{\delta_i \delta_j}$$

Donde Z_{ik} es la concentración del elemento en cada punto, Z_{jk} es el valor de pH o CIC en cada punto, μ_i y μ_j es la media de los parámetros medidos, n es el número de datos de cada parámetro y $\delta_i \delta_j$ es la desviación estándar de los n datos de cada parámetro. Para ambos metales se encontró una correlación muy débil entre la concentración y el pH (mercurio: -0,472 y zinc: 0,132).

Igual que con el pH, la correlación entre la CIC y la concentración de cada metal en el suelo es baja (mercurio: 0,034 y zinc: 0,043). Esto sugiere que la CIC no es un parámetro indicativo de la concentración de los dos metales en estos suelos. Concentraciones elevadas de mercurio y zinc en determinadas zonas son probablemente debidas al aporte antropogénico.

4 Conclusiones

Aunque las concentraciones de mercurio y zinc encontradas en los suelos aledaños al basurero de Navarro no superan los límites permisibles establecidos, pueden representar un riesgo potencial a largo o mediano plazo. Por lo tanto es necesario llevar a cabo investigaciones tendientes a elucidar la movilidad de estos metales en dichos suelos y además definir los factores que influyen sobre ella. También es claro que no es el basurero de Navarro la principal causa de la presencia de estos metales en los suelos estudiados, por lo cual es necesario identificar las otras fuentes con el fin de establecer control sobre ellas.

5 Referencias

- [1] H. Biester, G. Muller y H. F. Scholer; *The Sci. Total Environ.*; **284**, 177, (2002).
- [2] J. L. Sznopce y T. G. Goonan; *US Geol. Surv. Circ.*; 1197, (2000).
- [3] B. J. Nebel y R. T. Wrigth; *Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible*, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., sexta edición, México (1999).

- [4] P. H. Collazos; Historia de la Gestión de la Basura en Cali, Encuadernación Cali, Santiago de Cali (2001).
- [5] P. H. Collazos; Saneamiento de Botaderos de Basura, R. H. Villescás y Cia., Santafé de Bogotá (1998).
- [6] P. H. Collazos y M. R. Duque; Residuos Sólidos, ACODAL, Santafé de Bogotá (1998).
- [7] J. M. Llobet, M. Schuhmacher y J. L. Domingo; *The Sci. Total Environ.*; **284**, 205, (2002).
- [8] N. Benítez; Implementación de métodos Analíticos para la Determinación de plomo y mercurio en sangre, agua de mar y alimentos marinos por espectrometría de Absorción Atómica, electrotermica y vapor frío. Tesis de Magister en Ciencias Químicas, Universidad del Valle, Cali (1995).
- [9] K. Anderson; Chapter: *Mercury analysis in environmental samples by cold vapor techniques* in Encyclopedia of analytical chemistry: Instrumentation and application, pp. 1890 -2903, (2000).
- [10] P. Miretzky, M. C. Bisinoti y W. F. Jardim; *Chemosphere*, **60**, 1583, (2005).
- [11] S. Rodríguez, M. F. Pereira, L. Sarabando, L. Lopez, A. Cachada y A. Duarte; *The Sci. Total Environ.*, (2005) article in press.
- [12] J. Almu, I. Ferrer, A. Lopez y H. Manrique; "Análisis de los suelos". [www. Arquitectuba-on line. www.arquitectuba.com.ar](http://www.Arquitectuba-on line. www.arquitectuba.com.ar).
- [13] L. D. King; *R, Journal of Environmental Quality*, **17**, 239, (1988).
- [14] A. T. de Matos, M. P. F. Fontes, L. M. da Costa y M. A. Martinez; *Environmental Pollution*, **111**, 429, (2001).