



CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELO EN LA COMUNIDAD DE VETAGRANDE, ZACATECAS

M.C. Escobar-León^a, E. Manzanares-Acuña^b, H.R. Vega-Carrillo^b

^a Máster en Gestión y Auditorías Ambientales; Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Programa Interuniversitario de la Fundación Universitaria Iberoamericana, FUNIBER, A.C. melescobar2003@yahoo.com.mx

^b Cuerpo Académico de Radiobiología del Centro Regional de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas, emanz_44@yahoo.com

RESUMEN

Los niveles de plomo en suelo han sido medidos en la localidad de Vetagrande, Zacatecas; se tomaron 89 muestras del suelo superficial de la localidad, permitiendo estos datos establecer en un mapa, la distribución espacial de las concentraciones de plomo (Pb) en el suelo. Por 450 años la actividad minera ha venido desarrollándose en la comunidad de Vetagrande, por lo tanto esta actividad económica generadora de residuos mineros con contenidos de metales pesados, se ha convertido en un foco importante de contaminación por plomo. La estructura de veta también influye de manera importante, así como la planta trituradora en operación actualmente. Los niveles de plomo en suelo se encontraron en un rango entre los 8 y 7730 $\mu\text{g/g}$, solo el 28.1% esta por debajo de 400 $\mu\text{g/g}$, mientras que el 71.9% está por encima de los 400 $\mu\text{g/g}$, nivel máximo recomendable por la EPA, para suelos de uso residencial.

1. INTRODUCCIÓN

Vetagrande se localiza a 22° 49' 50" de latitud norte y 102° 33' 42" de longitud oeste, en la región central de los Valles del estado de Zacatecas, a 2600 msnm. La actividad de extracción de los metales en la zona generó residuos como los denominados jales, que históricamente fueron depositados a la intemperie, dispersos y sin control dentro del área en la que se localiza la población. Es hasta 1996 que en la legislación ambiental se establecen las medidas de control para estas empresas (LGEEPA, 1996).

En la actualidad la actividad minera se realiza a mediana escala por solo una empresa, con una planta de trituración ubicada al SO de la población y una planta de beneficio que incluye una presa de jales al NE, a una distancia máxima de 500 metros de la población.

La contaminación por metales pesados es un tema vigente en el campo de las ciencias ambientales así como en el terreno de la salud pública. Varios estudios señalan que las zonas mineras deben ser consideradas como potencialmente peligrosas (Mejía *et al.*, 1999) y deben ser vigiladas, ya que es probable que se manifieste la

biodisponibilidad de los metales pesados generando riesgo de intoxicación para la población (Gomaa *et al.*, 2002).

El impacto de los metales pesados de origen antropogénico en el medio ambiente, ha sido objeto de estudio en varias investigaciones, en particular se reconoce al Pb como uno de los contaminantes ecotoxicológicos más importantes (Komarnicki, 2000). El Pb biodisponible en el ambiente se reconoce como un problema de salud importante, lo que hace necesaria la intervención para prevenir los efectos tóxicos; particularmente en los infantes y en las mujeres gestantes y en período de lactancia (Lawendon *et al.*, 2001; Gomaa *et al.*, 2002).

En el 2004, se realizó un estudio interinstitucional dirigido por la SEMARNAT y la Universidad Autónoma de Zacatecas (Manzanares *et al.*, 2004), en el que se evaluaron los niveles de plomo en sangre de niños y mujeres en período de lactancia y embarazadas de la comunidad de Vetagrande, obteniendo como resultado un 76.7% de la muestra con valores por arriba de la NOM-199-SSA1-2002, Salud Ambiental, que establece como límite máximo permisible de Pb en sangre, 10 µg/dL para niños menores de 15 años y embarazadas o en etapa de lactancia.

El propósito de este estudio fue identificar sitios de distribución y concentración de Pb en suelo, en la población de Vetagrande, considerando referentes internacionales, dado que México no contaba para el 2005 con normatividad de Pb en suelo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se tomaron un total de 89 muestras de suelo, de manera aleatoria e irrestricta de la periferia y de sitios comunes de Vetagrande, a una profundidad de 2.5 cm. y se guardaron en bolsas de plástico selladas (Mielke *et al.*, 1999). Las muestras se secaron a 40°C por 40 horas, se tamizaron (< 325 µm), homogenizaron y pesaron. La cantidad total de plomo en el suelo, fue medida por espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva, en un MiniPal modelo PW4025 de Philips Analytical (Mielke y Reagan, 1998). Los espectros de rayos X fueron analizados con el software del MiniPal II; cada muestra se midió 5 veces y se obtuvo el promedio de la concentración de plomo.

Los valores de plomo se ubicaron en un mapa mediante los sistemas ArcGIS 8.3 y ArcView 3.2^a utilizando fotografías aéreas de la localidad obtenidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se elaboró un mosaico digital a partir de las fotografías aéreas, se utilizaron puntos de control visibles en ellas y después se georeferenciaron sus coordenadas en campo, por medio del sistema de posicionamiento global. Para la interpretación estadística de la distribución de Pb en suelo se utilizó el método geoestadístico GSTAT: Win32/MinGW versión 2.4.1 (Gstat), <http://www.gstat.org>. Con las muestras y el programa Gstat, se construyó la capa de información de rangos de concentración de Pb y la estimación de la varianza se hizo mediante el método de Kriging.

3. RESULTADOS

La concentración de plomo en suelo varía de 8 y 7672 µg/g siendo el promedio 1397 µg/g. Considerando la normatividad internacional de referencia, se establecieron rangos para el análisis de los resultados que se muestran en la tabla 1.

La distribución de los valores por rangos, permite observar que el mayor número de muestras está concentrado en el rango de 400 a 1000 µg/g. El 71.9%, tiene un nivel de plomo mayor a 400 µg/g, el 28.1% tienen un nivel menor a este y el 20.2% de las muestras tienen un valor por arriba de 2000 µg/g.

Tabla 1. Rangos de concentración de Pb en suelo

Rango de Pb en suelo [$\mu\text{g kg}^{-1}$]	No. de muestras	%
0 – 200	20	22.5
200 – 400	5	5.6
400 – 1000	27	30.3
1000 – 2000	19	21.3
> de 2000	18	20.2
Total	89	100

Los resultados por áreas muestreadas (Tabla 2), permiten observar que el jardín de niños tiene un valor promedio de plomo de 1901 $\mu\text{g/g}$. En la zona centro de la población se encontró un valor promedio de 724 $\mu\text{g/g}$ y con un 69.23% de valores de plomo mayor a 400 $\mu\text{g/g}$.

Tabla 2. Niveles de Pb en suelo distribuido por áreas

	Jardín de niños	Áreas de juegos	Centro de la población	Total de muestras
No. de muestras	10	7	26	89
% de muestras con nivel de plomo menor o igual a 400 $\mu\text{g/g}$	0	14.28	30.76	25 / 28.1%
% de muestras con nivel de plomo mayor a 400 $\mu\text{g/g}$	100	85.71	69.23	64 / 71.9%
Promedio de los niveles de plomo en suelo	1901	1489	724	1397
Nivel máximo de plomo en suelo $\mu\text{g/g}$	3207	3564	2327	7730

Se estableció la distribución espacial de las concentraciones de plomo en el suelo de la población de Vetagrande, mediante el uso del método de estimación geoestadística, donde se muestra la distribución por rangos y la estimación de Pb, en los puntos no muestrales (Mapa No.1).

Considerando que los rangos son: 0 – 200 $\mu\text{g/g}$, 200 – 400 $\mu\text{g/g}$, 400 – 1000 $\mu\text{g/g}$, 1000 – 2000 $\mu\text{g/g}$ y >de 2000 $\mu\text{g/g}$, los colores representan los rangos establecidos.

Las líneas azul (354), azul fuerte (500), rosa (1000) y gris (2000), describen la calidad o certeza de la estimación, permitiéndonos definir los intervalos de confianza. La línea rosa (1000), que circunda el área de la ciudad, indica que en esa parte existen ± 1000 ppm.

4. DISCUSIÓN

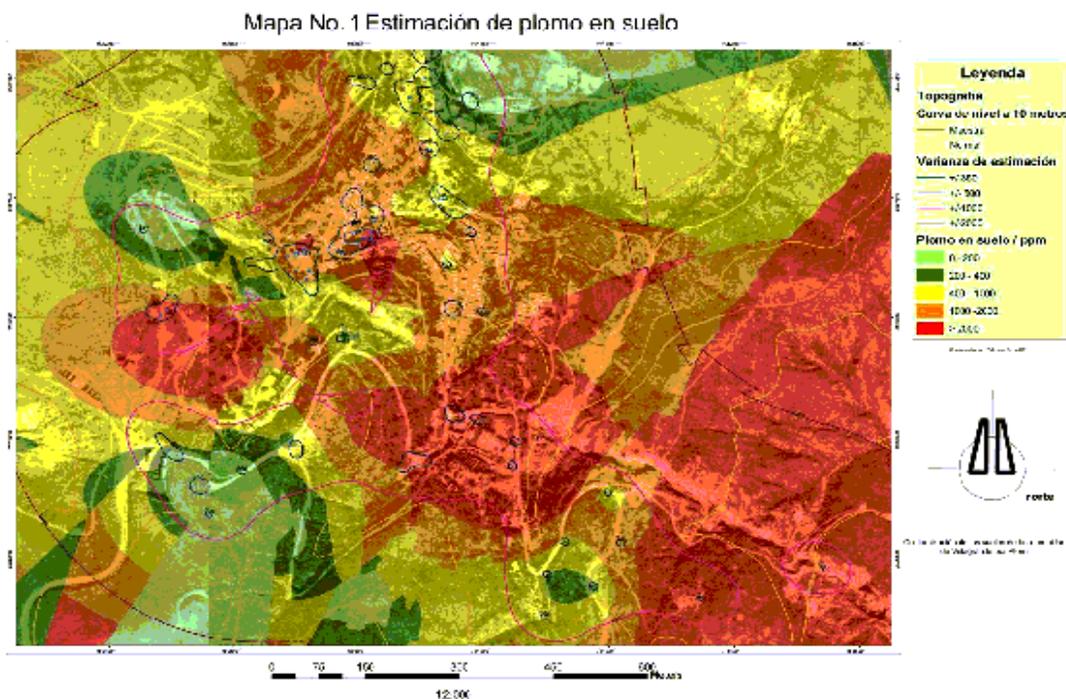
El promedio de plomo encontrado en el total de las muestras de suelo es de 1397 $\mu\text{g/g}$. Este valor supera el valor criterio de 400 $\mu\text{g/g}$ establecido por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para uso residencial (EPA, 1993; Ma y Rao, 1999).

El 21% de las muestras (19) se encuentra en un rango de 1000 a 2000 $\mu\text{g/g}$. El 20.2% (18) se encuentra por arriba de los 2000 $\mu\text{g/g}$, valor máximo considerado para uso de suelo industrial, de acuerdo a la norma ambiental de la C.E.E. (2004).

El 11.2% del total de las muestras, se tomaron en el jardín de niños de la población, localizada a 50 m de la veta principal mencionada en la descripción geológica, y a 100 m de la planta trituradora de la empresa minera, obteniéndose un valor promedio de plomo de 1901 $\mu\text{g/g}$. Si consideramos que el nivel máximo permisible en Alemania (CEE, 2004; Flores y Albert, 2004) para jardín de niños, es de 200 $\mu\text{g/g}$, el valor encontrado en Vetagrande es aproximadamente 9 veces mayor de este valor. Estos niveles indican que el suelo es una fuente potencial de intoxicación por plomo para la población susceptible, que en este caso son los de edad preescolar (de entre 3 hasta 6 años), considerando que el organismo de los niños tiene la capacidad de absorber el plomo en porcentajes más altos que el de los adultos, (Cohen Hubal *et al*, 2000).

El 8% de las muestras analizadas se tomaron en el área de canchas de básquetbol de la comunidad, de ellas, se obtuvo un valor promedio de plomo de 1489 $\mu\text{g/g}$. Para el caso del contenido de Pb en suelo de uso recreativo se considera en el caso de los Estados Unidos de Norte América y Alemania 400 $\mu\text{g/g}$ y para Canadá, 140 $\mu\text{g/g}$, por lo que se encuentra 272% por arriba de 400 $\mu\text{g/g}$ y 923% por arriba de 140 $\mu\text{g/g}$. Esta área se encuentra a menos de 50 m de la veta principal mencionada en la descripción geológica, y a menos de 100 m de la planta trituradora de la empresa minera.

La interpolación de los resultados como se muestra en el Mapa 1, indica que los valores más altos de plomo se distribuyen en una dirección preferencial correspondiente a la veta principal y a las áreas de residuos incluyendo la planta de trituración, ubicadas en esa misma orientación, no así la planta de beneficio, ya que esa área se encuentra con valores que son poco significativas.



5. CONCLUSIONES

La actividad histórica y presente de la minería en la población influye en los niveles actuales de plomo. La veta y las áreas de residuos que se localizan sobre una franja de orientación NO al SO y la infraestructura minera correspondiente a la planta trituradora, están influyendo a través de las condiciones topográficas, para que por medio de la erosión eólica e hídrica, sean depositadas las partículas de polvo con contenido en plomo, en la comunidad principalmente en el centro de ella.

En el 71.9% de las muestras colectadas el suelo no es apto para uso residencial.

El 20% de las muestras están por arriba de la norma para uso industrial.

El jardín de niños es un área de alto riesgo ya que existe un valor promedio de plomo de 1901 µg/g. Los niveles actuales de plomo permiten definir que existe contaminación por plomo en el suelo de Vetagrande.

Existe un riesgo para la salud humana, considerando los niveles de concentración y la distribución de Pb en el suelo de la población relacionados con los resultados de Pb en sangre del estudio de referencia, ya que se observa que los resultados se encuentran asociados, y confirma su biodisponibilidad para la población humana.

BIBLIOGRAFÍA

1. CEE, (2004) (Comunidad Económica Europea). (2004) Zartner-Nyilas, G. and Deutsch, P. en Roth von Lutz Grenzwerte. Kennzahlen zur Umweltbelastung in Deutsch und in der EG. Ecomed, Germany.
2. Cohen-Hubal., E.A., Sheldon, L.S., Burke, J.M., McCurdy, T.R., Berry, M.R., Rigas, M.L., Zartarian, V.G. and Freeman, C.G. (2000). *Children's exposure assessment: A review of factors influencing children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure*. Environ. Health Persp. 108(6): 475 - 486.
3. EPA (1993). *Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge Final Rules*. Environmental Protection Agency, Federal Register, Part II 40 CFR Part 257.
4. Flores, J. Y Albert, L. A. (2004) *Environmental lead in Mexico, 1990-2002*. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 181: 37-109.
5. Goma A., HU H., Bellinger D., Schwartz J., Tsai S.W., Gonzalez-Cossio T., Schnaas L., Peterson K., Aro A., AND Hernández, A., M. (2002). *Maternal bone lead as an independent risk factor for fetal neurotoxicity study*. Pediatrics. 110(1): 110-118.
6. GSTAT: [On line] Win32/MinGW versión 2.4.1, <<http://www.gstat.org>>. [Consulta 2005]
7. Komarnicki, G.J.K. (2000). *Tissue, sex and age specific accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by populations of the mole (Talpa europaea L.) in a central urban area*. Chemosphere. 41: 1593-1602.
8. Lawendon G., Kinra S., Nelder R., and Cronin T. (2001). *Should children with developmental and behavioral problems be routinely screened for lead?*. Arch. Dis. Childhood. 85: 286-288.
9. (LGEEPA) *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Delitos Ambientales*. SEMARNAT, (1996).
10. Ma L.Q., AND Rao G.N. (1999). *Aqueous Pb reduction in Pb - contaminated soils by Florida phosphate rocks*. Water, Air, and Soil Pollution. 110: 1-16.
11. Manzaneres-Acuña, E., Vega-Carrillo, H.R., DE León, L., C., Guzmán, E., L.J., Hernández, D., V.M., Salas, L., M.A. (2004). *Estudio del perfil elemental en suelo de Hg y Pb en sangre en niños menores de 5 años y en embarazadas en Vetagrande Zacatecas*. Reporte de investigación UaEN/RI-02-PbHgVG/INE-02/01241104 de la Universidad Autónoma de Zacatecas.
12. Mejía J., Carrizales, L., Rodríguez, V.M., Jiménez-Capdeville, M.E. and Díaz-Barriga, F. (1999). *Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras*. Salud Pùb. Mex. 41(Supl. 2): S132-S140.
13. MHSA, (2001). *Guidelines for medical surveillance & biological monitoring for miners exposed to arsenic, cadmium, lead & mercury*. Mine Safety and Health Administration. (En línea). (Consulta: 811112001). Nature 293, 127.
14. Mielke H.W. and Reagan P.L. (1998). *Soil is an important pathway of human Lead exposure*. Environ. Health Persp. 106 (Suppl 1): 217-229.
15. NOM-199-SSA1-2002, Salud Ambiental. *Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente*.
16. Rothenberg S.J., Schnaas-Arrieta L., Pérez-Guerrero I.A., Hernández-Cervantes R. (1993). *Factores relacionados con el nivel de plomo en sangre en niños de 6 a 30 meses de edad*. Salud Pùb. Mex., 35(6): 592 - 598.