

## Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos

### Blood lead levels and risk factors for lead poisoning in mexican children

*Eduardo González Valdez<sup>a\*</sup>, Ezequiel González Reyes<sup>b</sup>, Carlos Bedolla Cedeño<sup>c</sup>, Edith Lorena Arrollo Ordaz<sup>a</sup>, Eduardo Manzanares Acuña<sup>d</sup>.*

<sup>a</sup>Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

<sup>b</sup>Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4 3º. Piso. Ciudad Universitaria, CP. 58060. Morelia, Michoacán, México

<sup>c</sup>Facultad de Veterinaria. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

<sup>d</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Apartado Postal 336, 98000, Zacatecas, México

(Recibido el 25 de enero de 2007. Aceptado el 9 de noviembre de 2007)

#### Resumen

El plomo (Pb) es un contaminante ambiental que causa efectos adversos a la salud humana. La exposición humana al plomo se determina monitoreando su concentración en sangre, tomando en cuenta la influencia de varios factores, tales como edad, sexo, dieta y contaminación del aire. En este trabajo se analizó por duplicado la concentración de plomo en sangre de 80 niños que corresponde al 32% del total de menores de 15 años en la población del área minera de Vetagrande Zacatecas, México. Se usó voltamperometría de redisolución anódica siguiendo los criterios de la Norma Oficial Mexicana (NOM), la cual define seis categorías de contaminación. De los valores, 45% de los menores presentaron <10 µg/dL, 16,25%, 10-14 µg/dL, 33,75% 15-24 µg/dL y 5%, 25-44 µg/dL, que corresponden a las categorías de la II a la IV respectivamente. Los resultados en materia de salud revisten gran importancia ya que más del 50% de los niños tiene niveles de plomo en sangre que

---

\* Autor de correspondencia. Teléfono: + 52 + 1 + 443 327 23 39, fax: + 52 + 1 + 443 316 74 12, correo electrónico: egvgalapagos@yahoo.com.mx(E. González V.)

ameritan intervención por parte de los servicios de salud. La causa probable de la presencia de plomo en sangre se debe a que las casas habitación de esa población se encuentran asentadas en terrenos enriquecidos con plomo, y a través de una interacción el plomo se transporta hacia las personas.

----- *Palabras clave:* plomo en sangre, Vetagrande, Salud Voltamperometría de redisolución anódica.

### **Abstract**

Lead (Pb) is an environmental pollutant known to cause adverse health effects in humans. Human exposure to Pb is generally assessed by monitoring their concentrations in blood, taking into account the influence of various factors, such as age, gender, diet and air pollution. We measured the concentrations of Pb in the blood of 80 children that correspond to 32 % of the total of children smaller than 15 years, in the mining area of the population of Vetagrande in Zacatecas, Mexico. The lead concentration in blood was analyzed twice by anodic stripping voltammetry based upon the criteria outlined in the Official Mexican Standards, which define 6 categories of contamination. From the results 45% of the children presented  $<10 \mu\text{g/dL}$ , 16.25%  $10\text{-}14 \mu\text{g/dL}$ , 33.75%  $15\text{-}24 \mu\text{g/dL}$  and 5%  $25\text{-}44 \mu\text{g/dL}$  that correspond to the categories I at IV respectively. Thus, more than 50% of the children have lead levels in blood that deserve intervention on the part of the services of health. The probable cause of the lead presence in blood may be due to population's houses are seated in lands enriched with lead, and through an interaction the lead is transported toward people.

----- *Keywords:* lead in blood, Vetagrande, health, anodic stripping voltammetry.

## Introducción

El plomo (Pb) es un metal pesado que por años se ha utilizado en la industria con diversos fines. Su ductilidad, alta densidad y poca reactividad química, así como su fácil extracción, relativa abundancia y bajo costo, lo hicieron materia prima o componente fundamental en diversos procesos tecnológicos, por lo que tiene una amplia distribución en el ambiente. Los principales grupos de riesgo son los niños y los trabajadores de las industrias mineras y metalúrgica, al igual las familias que habitan en las áreas donde se asientan dichas industrias [1].

El plomo es un contaminante ambiental, conocido por causar efectos adversos a la salud humana, con exposiciones a largo plazo aún a dosis bajas [2]. El plomo no tiene ninguna función biológica en los organismos vivos; sin embargo, su utilización en diversas actividades humanas constituye una fuente de exposición para todos los grupos de edad tanto para los trabajadores expuestos como para la población en general [3, 4]. Las fuentes más comunes de la exposición al plomo son el polvo de las viviendas que utilizan pintura con plomo, vasijas de cerámica vidriada [5], dulces y chocolates [6], suelo contaminado, el manejo de residuos tóxicos industriales, la minería [7] o la cercanía donde se almacenan los concentrados del material [8]. Existe evidencia que establece una correlación entre la cantidad de plomo en el polvo de la casa, con los niveles de plomo en sangre de los niños [7], puesto que el plomo es un metal tóxico y carcinogénico [9,10].

La incapacidad del organismo para manejar y eliminar de sus tejidos el plomo en forma efectiva propicia que este metal se acumule en su interior [1]. Para determinar el nivel de exposición al plomo se pueden utilizar diferentes marcadores biológicos que incluyen sangre venosa y capilar, sangre de cordón umbilical, plasma, orina, dientes, huesos y cabello. La sangre refleja principalmente la exposición reciente, es el marcador biológico más comúnmente usado. El 99% del plomo en la sangre se encuentra asociado con los eritrocitos y, como lo sugieren los estudios me-

tabólicos, el plomo total en la sangre tiene una vida media de 25 a 30 días. La mayor parte de la carga de plomo en el cuerpo se almacena en los tejidos mineralizados. Sin embargo, aunque los niveles de plomo en dientes y en huesos reflejan una exposición acumulativa (de varios años), no se pueden utilizar de manera rutinaria para la vigilancia [11].

Los niveles de plomo en sangre, constituyen la regla de oro para determinar el tratamiento que se debe aplicar a los niños expuestos a este metal [12].

La exposición al plomo y la consecuente intoxicación han sido uno de los principales problemas de salud ambiental en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo como México [3, 13]. En los últimos años los estándares para los niveles del plomo en sangre se han venido reduciendo continuamente; sin embargo, no existe un consenso sobre la concentración mínima permisible, ya que no hay nivel seguro debajo del cual no se observen efectos dañinos sobre la salud [14].

La determinación de plomo en sangre se hace mediante la espectroscopia por absorción atómica o mediante la voltamperometría anódica [15].

La cabecera municipal de Vetagrande, Zacatecas es una zona minera donde por más de cuatro siglos se han depositado jales y terreros ricos en plomo y otros metales pesados. Esta comunidad, que a la vez es cabecera municipal tiene como principal actividad la minería, no presenta potencial agrícola o ganadero por sus condiciones ecológicas. Actualmente en Vetagrande operan dos empresas mineras que explotan vetas de donde se extrae oro, plata y plomo. Los residuos de esta actividad se liberan al ambiente y propicia la dispersión de polvo provenientes de las minas. La mayoría de las casas están hechas de ladrillo con planchas de concreto y los pisos son de tierra; las calles en su mayoría no están recubiertas, por lo que los espacios que predominan son de tierra [16] y las minas se localizan cerca de la población, por lo que es necesario determinar si la presencia de las minas produce contaminación

de plomo en los habitantes de Vetagrande, en particular en los grupos de población más sensibles como son los infantes [17, 18].

En este estudio se determina la concentración de plomo en 80 muestras de sangre obtenidas de 80 infantes que corresponde al 32 % del total de menores de 15 años en la población de Vetagrande, Zacatecas.

## Materiales y métodos

El Mineral de Vetagrande se ubica en la región central de los valles del estado de Zacatecas, a seis kilómetros en línea recta al noreste de la Ciudad de Zacatecas, y está localizado en las coordenadas geográficas: 22° 49' 50" de latitud norte y 102° 33' 42" de longitud oeste, a 2600 metros sobre el nivel del mar (msnm) [16].

De un total de 253 infantes que habitan en Vetagrande [19], se determinó un tamaño de muestra de 80 bajo los siguientes supuestos: nivel de significancia 95 %, proporción de los niños afectados 5 %. Del total de los 80 utilizados se distribuyeron en grupos etáreos hasta alcanzar el tamaño de muestra, para realizar el muestreo de los niveles de Pb en sangre.

Para la toma de muestra de sangre, las manos de los niños se lavaron con agua tibia jabonosa, como complemento de limpieza, se utilizaron torundas con alcohol; luego se puncionó el dedo anular, para coleccionar la muestra de sangre (50 µL) en un tubo capilar con EDTA. La sangre recuperada se vació a un vial que contiene ácido nítrico 2N, que permite la digestión de la sangre y la liberación del plomo contenido en ésta y se almacenó a una temperatura de 4 °C.

La determinación de plomo en sangre se realizó mediante la técnica de Voltamperometría de redisolución anódica mediante el sistema LEADCA-RE de plomo en sangre de la empresa ESA, Inc.\* y el procedimiento que recomienda la NOM.<sup>20</sup> \*ESA, Inc. 22 Alpha Road Chelmsford MA. Estados Unidos.

Este sistema permite determinar plomo en sangre en un intervalo de 1,4 a 65 µg/dL. El procedimien-

to seguido es el que recomienda la Norma Oficial Mexicana [20]. El equipo se calibró a partir de dos estándares con diferentes concentraciones de plomo. Este control se aplicó al inicio y al final de las mediciones y a cada 10 determinaciones. El análisis de plomo en sangre se efectuó por duplicado. El coeficiente de variación de la técnica es del 5% obtenida al medir un mismo estándar en ocho ocasiones. Para determinar si existe una diferencia significativa entre la concentración de plomo en niños y niñas, se aplicó una prueba no paramétrica U de Mann y Whitney [21] a cada grupo de edad y al conjunto sin distinción de edades. Esta prueba permitió determinar si existían diferencias de significancia estadística entre el promedio de plomo en sangre de los niños y en el de las niñas.

## Resultados y discusión

La concentración de plomo en sangre de los menores, agrupados por género y edad muestran que se superan los 10 µg de plomo por decilitro, de acuerdo a las cuatro categorías de la NOM las cuales se muestran en el cuadro 1.

De los 80 niños analizados, 36 tienen niveles inferiores a 10 µg/dL, es decir, 45% de los infantes están en la Categoría I, la cual se considera como aceptable. Los menores de 11 años son los más afectados, debido a que tienen mayor interacción con el suelo. De los 80 niños analizados, cuarenta y cuatro presentan niveles superiores a 10 µg/dL, es decir, 55% de los infantes están en la categoría II y III, las cuales se consideran tóxicas o de envenenamiento.

La concentración promedio en general de plomo en sangre fue de  $13,6 \pm 7,7$  µg/dL. Con este dato podemos establecer que en promedio todos los niños presentan un nivel de intoxicación que los ubica en la categoría II, ya que superan los 10 µg/dL. Bajo la prueba de t-student, la diferencia encontrada entre el grupo de niños y niñas no es estadísticamente significativa ( $p=0.05$ ). Los valores promedio de plomo en sangre, en niños es de  $15,1 \pm 8,9$  µg/dL y en niñas es de  $12,1 \pm 5,8$  µg/dL, siendo el valor criterio NOM-199-SSA1-2002, hasta 10 µg/dL.

**Cuadro 1** Niveles de Plomo en sangre en infantes de Vetagrande, Zacatecas.

<b>Valores promedio de la concentración de plomo en sangre de infantes (niños y niñas)</b>						
Grupo Etáreo	Varones [ug/dL]	Categoría	Mujeres [ug/dL]	Categoría	Mujeres y Varones [ug/dL]	Categoría
0-3	15,8 ± 6,1	III	11,2 ± 5,1	II	13,2 ± 5,9	II
4-5	15,4 ± 8,9	III	15,0 ± 4,9	III	15,2 ± 6,8	III
6-11	15,8 ± 9	III	10,5 ± 4,5	II	13,4 ± 8,3	II
12-15	8,4 ± 5,7	I	6,5 ± 2,0	I	7,9 ± 5,1	I

### Conclusiones

Los niveles de plomo en sangre en los infantes analizados indican que el 55% de las muestras en estudio presentan concentraciones de este metal que los ubican en las categorías II y III que representan un serio riesgo para la salud. La población restante tiene niveles de plomo en sangre que los ubica en la categoría I, que de acuerdo a la norma mexicana no se requiere de ninguna acción especial.

La probable explicación de esta diferencia se atribuye a la ausencia de pavimentación y la concentración de plomo en suelo, son los causantes de la contaminación por este metal de los niños de Vetagrande, Zacatecas.

### Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por el COZCYT bajo el contrato FOMIX-Zac 2003-CO1-0107.

### Referencias

1. A. Garza, H. Chávez, R. Vega, E. Soto. "Mecanismos Celulares y Moleculares de la Neurotoxicidad por Plomo". *Salud Mental*. Vol. 28. 2005. pp. 48-58.
2. M. Castelli, B. Rossi, F. Corsetti, A. Mantovani, G. Spera, C. Lubrano, L. Silvestroni, M. Patriarca, F. Chiodo, A. Menditto. "Levels of cadmium and lead in blood: an application of validated methods in a group of patients with endocrine/metabolic disorders

from the Rome area". *Microchemical Journal*. Vol. 79. 2005. pp. 349- 355.

3. C. Jiménez-Gutiérrez, I. Romieu, A.L. Ramírez-Sánchez, E. Palazuelos-Rendón, H. Muñoz Quiles. "Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad". *Salud Pública de México*. Vol. 41. N.º 2. 1999. pp.72-81.
4. L. Järup. "Hazards of heavy metal contamination". *British Medical Bulletin*. Vol. 68. 2003. pp.167-182.
5. B. L. Gulson, T. Venkatesh, J. Palmer, H.S. D'Souza, M. Korsch. "Comparison of Isotope Dilution and a Portable Anodic Stripping Voltammetry Device for Blood Lead Measurements: Source of Lead in Blood of Female Adults from Bangalore". *Australian Journal of Chemistry*. Vol. 57. 2004. pp. 979-982.
6. S. Sahiya, R. Karpe, A. G. Hegde, R. M. Sharma. "Lead, cadmium and nickel in chocolates and candies from suburban areas of Mumbai, India." *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 18. 2005. pp. 517-522.
7. P.A. Meyer, F. Staley, P. Staley, J. Curtis, C. Blanton, M. J. Brown. "Improving strategies to prevent childhood lead poisoning using local data". *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Vol. 208. 2005. pp.15-20.
8. L. P. Naeher, C. S. Rubin, M. Hernandez-Avila, G. P. Noonan, D. Paschal, J. Narciso, R. E. Lain, C. Gastanaga, R. Almeyda, J. Jarrett, K. L. Caldwell, M. McGeehin. "Use of isotope ratios to identify sources contributing to pediatric lead poisoning in Peru". *Archives of Environmental Health*. Vol. 58 N.º 4. 2003. pp. 579-589.

9. A. Navas-Acien, E. Selvin, A. R. Sharrett, E. Calderon-Aranda, E. Silbergeld, E. Guallar. "Lead, Cadmium, Smoking, and Increased Risk of Peripheral Arterial Disease". *Circulation*. Vol. 109. 2004. pp. 3196-3201.
10. A. Jemal. "The association of blood lead level and cancer mortality among whites in the United States". *Environmental Health Perspectives*. Vol. 110. 2002. pp. 325-329.
11. I. Romieu. "Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en Latinoamérica". *Salud Pública de México*. Vol. 45. 2003. pp. 244-251.
12. L. Taylor, K. Ashley, R. L. Jones, J. A. Deddens. "Field Evaluation of a Portable Blood Lead Analyzer in Workers Living at a High Altitude: A Follow-up Investigation". *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 46. 2004. pp. 656-662.
13. L. Schnaas, S. J. Rothenberg, M. F. Flores, S. Martínez, H. Carmen, E. Osorio, y E. Perroni. "Blood Lead Secular Trend in a Cohort of Children in Mexico City (1987-2002)". *Environmental Health Perspectives*. Vol. 112. 2004. pp. 1110-1115.
14. Z. Hashisho, M. El-Fadel. "Impacts of Traffic-Induced Lead Emissions on Air, Soil and Blood Lead Levels in Beirut". *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 93. 2004. pp. 185-202.
15. M. E. Markowitz. "Manejo de la intoxicación por plomo en la niñez". *Salud Pública México*. Vol. 45. 2003. pp. 225-231.
16. Consejo de Recursos Minerales del Estado de Zacatecas. "*Monografía geológico-minera del estado de Zacatecas*". 1991. p. 154.
17. G. Lawendon, S. Kinra, R. Nelder, and T. Cronin. "Should children with developmental and behavioral problems be routinely screened for lead?". *Archives of Disease in Childhood*. Vol. 85. 2001. pp. 286-288.
18. J. Markus, A. B. McBratney. "A review of the contamination of soil with lead II. Spatial distribution and risk assessment of soil lead." *Environment International*. Vol. 27. 2001. pp. 399-411.
19. INEGI. *XII Censo Nacional de Población y Vivienda del 2000*. [http://www.inegi.gob.mx/difusion/poblacion/definitivos/muestra/los\\_censos.htm](http://www.inegi.gob.mx/difusion/poblacion/definitivos/muestra/los_censos.htm) (2000). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Consultado el 15 de Julio de 2005.
20. Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. *Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente*. Diario Oficial de la Federación del 20 de Julio de 2005. México, D.F: Secretaría de Salud, 2002.
21. R. Lyman-Ott. "*An introduction to statistical methods and data analysis*". 4th edition. Belmont, Ed. Duxbury press. 1993. pp 279-284.