

Contaminación ambiental y salud

Parte I. Plomo: Exposición en niños y la importancia de su detección.

Oscar Torres Alanís,* Lourdes Garza Ocañas,* Valdemar Abrego Moya,**,
Marco A. Bernal Hernández*, Alfredo Piñeyro López*

Uno de los problemas más serios asociado con el desarrollo industrial de las grandes ciudades es la contaminación ambiental. El plomo (Pb) ha sido considerado durante muchos años como uno de los principales contaminantes ambientales, debido al extenso uso que durante décadas ha tenido como componente de la gasolina, al ser introducido como antidetonante en la misma (tetraetilo de plomo). El Pb orgánico, al reaccionar con compuestos halogenados derivados de los aditivos, produce haluros (compuestos clorinados y bromados), que se descomponen en oxicarbonatos que se expelen por los mofles de los automóviles, lo cual ha incrementado desde los años 50 los valores ambientales de este contaminante en grandes ciudades como México, Guadalajara y Monterrey. Otras fuentes de exposición al plomo son la industria de la cerámica, pigmentos en barnices, pinturas y esmaltes, la aleación con estaño en la soldadura y la industria de acumuladores y baterías. Además de esto existe como fuente de exposición la contaminación "natural" por plomo, presente en los mantos acuíferos, así como los alimentos contaminados con este metal.

El Pb es un metal tóxico sin función fisiológica en el organismo. Este metal se caracteriza por producir daños al sistema hematopoyético, al sistema nervioso central, renal, reproductivo y gastrointestinal. La farmacocinética de este compuesto incluye su ingreso al organismo, el cual puede ser por vía respiratoria, oral y por la piel. Al respecto se ha reportado que tanto la absorción respiratoria como la oral del Pb es mayor en los niños. Por vía oral, además el grado de absorción aumenta si existe desnutrición, dieta deficiente en calcio, hierro, fósforo, zinc



y vitamina D y/o problemas gastrointestinales infecciosos.^{1,2} Se ha descrito que existen alteraciones en la síntesis de hemoglobina y una mayor susceptibilidad al desarrollo de anemia en la población infantil expuesta al Pb.

El Pb tiene una vida media ($t_{1/2}$) de eliminación de aproximadamente 3 semanas y es un compuesto que tiende a permanecer en el organismo por tiempo prolongado, ya que a pesar de que una porción se está excretando por vía renal, aire exhalado, leche materna, saliva, sudor, pelo, uñas y heces, siempre habrá una cantidad que se está depositando y acumulando en el organismo.^{1,3} Los niños constituyen un grupo de población considerado más vulnerable a los efectos nocivos del plomo. Al respecto,

* Departamento de Farmacología y Toxicología, Facultad de Medicina, UANL.

** Departamento de Pediatría, Hospital Universitario, Facultad de Medicina, UANL.

la intoxicación por plomo ha sido reconocida como una importante causa de morbilidad en niños menores de seis años.⁴ Las manifestaciones clínicas específicas de la intoxicación por plomo son con frecuencia clínicamente imperceptibles e incluyen períodos de estreñimiento o diarrea, malestar general, cefaleas continuas, pérdida del apetito, cambios en el comportamiento del niño, así como en su actividad diaria, bajo rendimiento escolar, además de la presencia de palidez y anemia. Si no se realiza una historia clínica orientada a la obtención de datos relacionados con la exposición al Pb, el diagnóstico de exposición y/o intoxicación no se establece. El diagnóstico definitivo de intoxicación por plomo sólo puede establecerse con la medición de las concentraciones sanguíneas de este metal.

En este contexto, una de las formas de evaluar el daño potencial de la exposición a contaminantes ambientales es el muestreo de los mismos en fluidos biológicos, de individuos expuestos y/o no expuestos, y hacer una comparación con los valores de referencia considerados como "normales"; es decir, aquéllos a los que se puede estar expuesto sin que se produzca o manifieste toxicidad. Pocos son los estudios^{5,9} que se han realizado en nuestro país relativos a la exposición al Pb, y los datos considerados como valores de referencia generalmente han correspondido a valores obtenidos con casuísticas realizadas en otros países. Al respecto, en México, a partir de 1999 se estableció una norma que incluye los criterios de salud ambiental para la concentración de plomo en sangre y los niveles básicos de acción, para proteger la salud de la población no expuesta ocupacionalmente (PROY-NOM-199-SSA1-1999).⁵ De acuerdo a esta norma, el valor "normal" de Pb en niños menores de 15 años es de 10 µg/dl. Como parte de la línea de investigación de contaminación ambiental por metales pesados, que se lleva a cabo en el Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la UANL, se inició un estudio prospectivo de evaluación de los niveles sanguíneos de Pb en poblaciones de alto riesgo (niños), como reflejo de la exposición ambiental a este contaminante, así como en población adulta con y sin exposición ocupacional en el área metropolitana de Monterrey.

El presente es un reporte preliminar de los resultados obtenidos con la determinación de los niveles de plomo en sangre en una población infantil (207 niños); así como el resultado de los valores de

hemoglobina y hematocrito, los cuales fueron evaluados como marcadores biológicos de toxicidad de este metal.

Material y método

Sujetos

Para la realización del presente estudio se obtuvo el consentimiento de los padres de 207 niños para la obtención de muestras de sangre y el análisis de su contenido de Pb. El rango de edad de los niños incluidos en el estudio fue de 6 a 14 años; 108 fueron del sexo femenino y 99 del masculino. El área habitada por los niños es considerada como zona residencial, ninguno de ellos vivía en avenidas con alto tráfico vehicular y no había presencia de industrias en la zona en un radio de 4.5 Km.

Las muestras de sangre venosa fueron tomadas por personal calificado (enfermeras y técnicos de laboratorio), utilizando tubos Vacutainer libres de Pb que contenían EDTA como anticoagulante.

Procedimiento analítico

El análisis del contenido de plomo se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, con horno de grafito y corrector de fondo (Espectrofotómetro de Absorción Atómica Zeeman 5100, Perkin-Elmer). Para el análisis de las muestras se prepararon soluciones que contenían 25, 50 y 100 µg/dl de Pb, a partir de un estándar de plomo de 1010 ppm. Con estos estándares de trabajo se realizó la curva de calibración. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. El límite de detección del método fue de 1.1 µg/ml ± 3.

Evaluación estadística

Los resultados fueron evaluados por un análisis de varianza (ANOVA), estableciéndose el valor de $p < 0.05$ como nivel de significancia estadística.

Resultados

Del total de la población infantil evaluada (207 niños) el rango de las concentraciones sanguíneas de Pb fue de 3.5 a 20 µg/dl, con un promedio de 11.5 µg/dl ± 5). Las concentraciones de Pb por grupo de edad se muestran en la tabla I, para la formación

Tabla I. Concentración de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$) en niños

Edad	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	27	19	15	23	24	30	18	22	16	13
\bar{X}^*	14.5	12.0	11.5	11	11.8	10.9	11.8	12.6	12.0	9.2
DS	4.0	3.6	3.2	3.3	2.9	5.0	4.7	4.4	4.3	5.0

* Promedio de concentración de Pb $\mu\text{g}/\text{dl}$ por grupo de edad.

de los grupos se consideró la edad cumplida (número de años) y hasta los 11 meses previos al año siguiente. Con los resultados obtenidos se establecieron tres grupos: el primero de 187 niños cuyos valores de Pb fueron menores a $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ (rango 4.2 a $9.9 \mu\text{g}/\text{ml}$), el segundo grupo de 15 niños con valores mayores a $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ hasta $15 \mu\text{g}/\text{dl}$ (rango 10.6 a $15 \mu\text{g}/\text{dl}$) y 5 niños con valores mayores a $15 \mu\text{g}/\text{ml}$ (rango 15.3 a $20 \mu\text{g}/\text{dl}$). No hubo diferencia significativa entre los valores sanguíneos de Pb, analizados de acuerdo al género. Por grupos de edad sólo el grupo de 5 años presentó un incremento del 26% de Pb en la sangre ($14.5 \mu\text{g}/\text{dl} \pm 3$) en relación al promedio general ($11.5 \mu\text{g}/\text{dl} \pm 2$). El promedio general de los valores de hemoglobina fue de $13.5 \text{ g}/\text{dl} \pm 0.8$ y el valor promedio del hematocrito fue de $32 \pm 2 \%$.

Discusión y conclusiones

El creciente interés en establecer niveles de prevención más, que de tratamiento en caso de intoxicación por Pb, queda evidenciado con la disminución que ha habido en los valores parámetro de las concentraciones sanguíneas de Pb consideradas como "normales". La modificación de estos valores ha ocurrido conforme han avanzado los métodos para la detección de Pb, así como por el aumento en el número de estudios epidemiológicos en niños. Así, el nivel sanguíneo de Pb considerado como "normal" en 1975 era de $25 \mu\text{g}/\text{dl}$ y disminuyó a $15 \mu\text{g}/\text{dl}$ en 1985 y a partir de 1991 en EUA se recomendó disminuir este valor a $10 \mu\text{g}/\text{dl}$. En base a la norma establecida en México en 1999, el valor "normal" de Pb en niños menores de 15 años es de $10 \mu\text{g}/\text{dl}$. Para la detección del nivel de exposición a Pb se deben realizar pruebas de seguimiento basa-

das en mediciones seriadas de los niveles de Pb en sangre. De acuerdo a esta norma, el seguimiento varía para cada caso en particular y está recomendado realizar pruebas confirmatorias de inmediato, en caso de que los resultados de la detección sean mayores a $70 \mu\text{g}/\text{dl}$; a las 48 horas si los niveles se encuentran entre 45 y $69 \mu\text{g}/\text{dl}$; a la semana si los valores están entre 20 y $44 \mu\text{g}/\text{dl}$ y en un mes si están entre 15 a $19 \mu\text{g}/\text{dl}$. En el caso de este estudio el promedio de Pb sanguíneo detectado en el grupo estudiado fue de $11.5 \mu\text{g}/\text{dl}$ y para la mayoría de los niños los niveles de Pb fueron menores a $10 \mu\text{g}/\text{dl}$, quedando este porcentaje clasificado en la categoría I de la norma, en donde se considera que el individuo no está afectado por el Pb. El valor promedio puede considerarse como bajo si se compara con los valores reportados para una población infantil en un estudio nacional realizado en EUA, en donde el promedio de la concentración de Pb fue de $30 \mu\text{g}/\text{dl}$.¹¹ Por otro lado, en un estudio realizado en 1993 a 671 habitantes de la ciudad de Monterrey y su área conurbada se encontró un promedio poblacional de Pb en sangre en adultos de $13.60 \mu\text{g}/\text{dl}$.⁸ En un estudio realizado en 124 niños en la ciudad de México el rango de niveles de Pb en sangre fue de $5 \mu\text{g}/\text{dl}$ a $40.6 \mu\text{g}/\text{dl}$ y el 88% de los niños tuvieron un nivel menor a $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ (5), en este mismo estudio se encontró una diferencia entre el nivel de Pb en sangre de niños que vivían en avenidas con alto tráfico vehicular ($15.5 \mu\text{g}$ de Pb/ $\text{dl} \pm 4$) y los que vivían en zona residencial ($10.3 \mu\text{g}$ de Pb/ $\text{dl} \pm 4.2$). Por otro lado, el hecho de que en este estudio en donde de una muestra de 207 niños habitantes de zona residencial sin alto tráfico vehicular el 2.41% tuviera valores de Pb mayores a $15 \mu\text{g}/\text{dl}$ nos corrobora que las vías y fuentes de exposición al Pb son múltiples y que el Pb ambiental

representa un riesgo latente para esta población, considerada particularmente más vulnerable. Los valores normales de hemoglobina y hematocrito encontrados aun en los niños con los valores de Pb más elevados (20 µg/dl) concuerdan con lo reportado por otros autores,⁹ e indican que la alteración de estos parámetros de laboratorio probablemente aparecen con concentraciones de Pb mayores y/o en niños susceptibles a la toxicidad de este compuesto, por factores predisponentes (desnutrición).

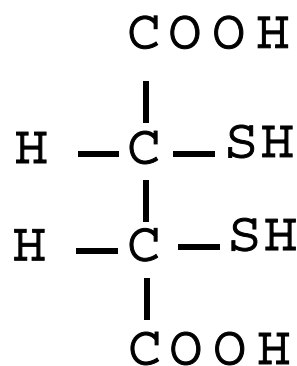
Las medidas para la prevención de la intoxicación por Pb en niños son la eliminación de Pb en su ambiente y su detección o tamizaje. Por otro lado, el aspecto más importante en el tratamiento de la intoxicación por Pb es la eliminación de la fuente de exposición. De acuerdo a la norma establecida en nuestro país en la categoría I (niveles de Pb < 10 µg/dl) se considera que el individuo no está afectado por el Pb. Algunas de las medidas higiénico-dietéticas particularmente recomendadas en los casos de niños que presentan valores de Pb sanguíneo de 10 µg/dl o más incluyen educación sobre higiene personal y prevención de exposición al Pb, así como sobre fuentes nutricionales de calcio, hierro, zinc y ascorbato. En los casos donde los niños presentan valores mayores a 10 µg de Pb/dl y hasta 24 y de 25 µg de Pb/dl hasta 44 (que corresponderían a las categorías II y III de la norma), además de lo anterior, se recomienda realizar una evaluación médica integral por un especialista, hacer un seguimiento de las concentraciones sanguíneas de Pb y notificar a las autoridades de salud para la identificación de las probables fuentes de exposición y, en su caso, gestionar el control y/o eliminación de la fuente. Entre los factores a investigar se encuentran los siguientes:

1. Área o localidad de residencia (cercanos a industria metalmecánica, fundiciones, cerámica, vidriera, minera-extracción o de separación de metales).
2. Presencia de alto tráfico vehicular frente a sus casas.
3. Lugar de trabajo de los padres.
4. Antigüedad de la casa (pinturas con Pb)
5. Ingesta de alimentos o líquidos en recipientes potencialmente contaminados (cerámica vidriada o soldadura de las latas de alimentos)
6. Hábito de chupar lápices (pintura con Pb).
7. Ingesta de polvo de suelo contaminado con plomo,

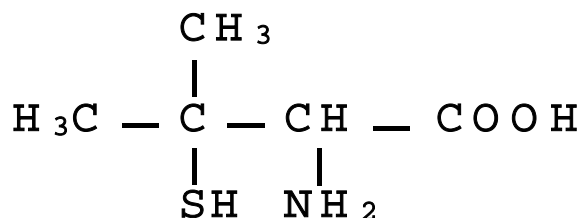
que proviene de pinturas (casas antiguas).

El uso de agentes quelantes en la terapéutica de la intoxicación por Pb está indicado de acuerdo a la norma,¹⁰ cuando los niveles de Pb en la sangre son mayores a 45 µg/dl (categoría IV). Los agentes quelantes recomendados para la intoxicación por Pb en niños son el EDTA disódico cálcico, la D-penicilamina y el DMSA (Succimer), el cual es un nuevo agente quelante recientemente autorizado por la FDA en Estados Unidos de Norteamérica para su uso en la intoxicación por Pb en niños.^{12,13} El Succimer y la D-penicilamina (figura 1) son quelantes más adecuados para el manejo ambulatorio del paciente intoxicado, ya que pueden ser administrados por vía oral. Al respecto es importante mencionar que en nuestro país no está aprobado el uso de ninguno de estos agentes quelantes.

El daño neurológico que se presenta en niños por exposición crónica al plomo es con frecuencia irreversible y afecta su desarrollo fisiológico y psicológico.^{14,16} El reto actual para el médico pediatra es



a) DMSA, Ácido 2,3-dimercaptosuccínico.



b) D-penicilamina

Fig. 1. a) Succimer, b) D-penicilamina.

no pasar por alto el diagnóstico de casos de intoxicación por Pb. El promedio de Pb encontrado en la población infantil evaluada (11.5 µg/dl) en este estudio nos indica que se debe iniciar la aplicación de medidas preventivas, que permitan limitar el posible daño a la salud producido por este contaminante ambiental. Entre estas medidas debiera incluirse la evaluación continua de marcadores de exposición a Pb, en niños en los que se sospecha mayor grado de exposición a este metal, entre los cuales la determinación de los niveles sanguíneos de este contaminante constituye uno de los más importantes. La continuación de este estudio, y el incremento en el número de muestras evaluadas, nos permitirá tener una estimación confiable en cuanto al impacto de daño producido por la exposición al Pb en niños en nuestra ciudad, y de esta forma establecer la magnitud de este problema ambiental.

Resumen

Se realizó un estudio en 207 niños del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, con el objeto de determinar la concentración de plomo en sangre, como reflejo de la exposición ambiental a este contaminante. 108 niños fueron del sexo femenino y 99 del sexo masculino, el rango de edad fue de 6 a 14 años. El rango de las concentraciones sanguíneas de Pb fue de 3.5 a 20 µg/dl (promedio 11.5 µg/dl ± 5). Con los resultados obtenidos se establecieron tres grupos con diferente grado de exposición: el primero con 187 niños (90.33 %), cuyos valores de plomo fueron menores a 10 µg/dl, el segundo de 15 niños (7.24 %) con valores mayores de 10 µg/dl hasta 15 µg/dl y 5 niños (2.41 %) con valores mayores de 15 µg/dl (rango 15.3 a 20 µg/dl). El promedio de Pb encontrado en la población infantil evaluada en este estudio preliminar nos indica que se deben aplicar medidas preventivas, que permitan limitar el posible daño a la salud producido por este contaminante ambiental.

Palabras clave: Plomo (Pb), contaminación ambiental, niños, salud.

Abstract

Measurements of lead levels in blood are a biologic indicator of environmental exposure. Blood levels of lead were investigated in 207 children in the urban

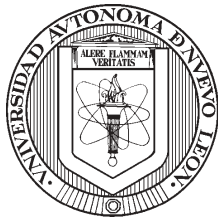
metropolitan area of Monterrey, N.L. Mexico. The study group comprised of 108 female and 99 male children. Blood levels of lead ranged from 3.5 to 20 µg/dl with a mean of 11.5 µg/dl ± 5. Lead levels were lower than 10 µg/dl in 187 children (90.33 %) in 15 (7.24 %) the levels ranged from 10 to 15 µmg/dl and 5 (2.41 %) had levels higher than 15 µmg/dl (15.3 µg/dl to 20). Results of this study aim to indicate the need of starting regulatory polices for lead control in order to protect highly sensitive populations.

Keywords: Lead (Pb), environmental contamination, children, health.

Referencias

1. Doull J.,Klaassen C.D. and Amdur M.O. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 5th Edition. New York,McMillan Publishing Co.,1996.
2. Mahaffey KR, Anest JL, Association of erythrocyte protoporphyrin with blood lead level and iron status in the Second National Health and Nutrition Examination Survey, 1976-1980 Environ Res, 41, 327-338 (1986).
3. Hammond BP. Metabolism of lead. In: Management, clinical and environmental aspects (Chisolm JJ, O'Hara DM, eds.). Baltimore:Urban and Schwarzenberg, 11 - 19, (1982).
4. Holmes S.E., E.Druz J., Gregory J. Buffone, Teresa Duryea Rice., Blood Lead Levels in a Continuity Clinic Population Clinical Toxicology 35(2) 181-186 (1997).
5. Romieu I, Palazuelos E, Meneses F, Hernández M. Vehicular traffic as a determinant of children's blood lead levels: a pilot study in Mexico City. Arch. Environ Health 47: 246 - 249 (1992).
6. Zúñiga CMA, González RD.IV Pruebas de laboratorio. En Molina BG(ed): Intoxicación por plomo. México IMSS Subdirección General Médica 1986:58
7. Legaspi VJA. Niveles de plomo en sangre en población del valle de México; estudio preliminar Gaceta Médica de México124:375 (1988).
8. Junco Muñoz P., Arrieta Alcalde N.D. Concentración de plomo en la sangre de los habitantes de la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Gaceta Médica de México, Vol. 129 No 1, (1993).
9. JV Calderón Salinas, B. Valdez-Anaya, Mazuñiga-Charles and Albores-Medina. Lead

- exposure in a population of Mexican children. *Human and Experimental Toxicology* ,15,305-311, (1996).
10. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-199-SSA1-1999. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de mayo del 2000.
 11. US Center for disease control preventing lead poisoning in young children. A statement by the CDC. Atlanta GA DHEW 1985.
 12. Aposhian HV, Maiorino RM, Rivera M, et al. Human studies with the chelating agents, DMPS and DMSA. *Journal of Toxicology Clinical Toxicology* 30:505-528, (1992).
 13. Centers for Disease Control. Preventing Lead Poisoning in Young Children. US Dept of Health and Human Services. Atlanta, GA, (1991).
 14. Needleman HL, Bellinger D. The health effects of low level exposure to lead. *Ann Rev Public Health* 12:11-140 (1991).
 15. Needleman HL, Gunnpoe C, Leviton A, et al. Deficits in psychologic and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *N Engl Med*, 300: 689-695, (1979).
 16. Lansdown R, Yule W, Urbanowcz MA, Hunter J. The relationship between blood-lead concentrations, intelligence, attainment and behavior in a school population: The second london study. In *Arch Occup Environ Health* 57:225-235 (1986).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Secretaría Académica
Dirección General de Investigación

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN APOYADOS POR SIREYES A MAESTROS INVESTIGADORES DE LA UANL

Convocatoria 2000

1. Efectos de biosólidos en la concentración de metales pesados y rendimiento de maíz, frijol, brócoli, col, tomate de fresadilla y chile morrón.

Dr. Emilio Olivares Sáenz. FA, \$181,470.00

2. Estimación del valor nutricional y digestión ruminal de 5 líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel.

Dr. Roque Gonzalo Ramírez Lozano. FCB, \$334,080.00

3. Programa de control de la reproducción del catán (*Atractosteus spatula*) con miras a incrementar los niveles poblacionales.

Dr. Roberto Eduardo Mendoza Alfaro. FCB, \$369,400.00

4. Asimilación de contaminantes ambientales por especies vegetales en el proceso de fitorremediación.

Dra. Leticia A. Háud Marroquín. FCB, \$600,910.00

5. Beneficiamiento de minerales para la industria cementera.

Dra. Leticia M. Torres Guerra. FCQ, \$526,320.00

6. Evaluación de la producción de agua en la región citrícola de Nuevo León y Tamaulipas usando modelos de análisis geográficos.

Dr. Eduardo J. Treviño Garza. FCF, \$306,880.00

7. Desarrollo de sistemas de manejo sustentable de recursos naturales renovables en el noreste de México. Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón. FCF, \$280,740.00

8. Estudio de la integridad y rugosidad del recubrimiento de galvanneal en aceros.

Dra. Martha Patricia Guerrero Mata. FIME, \$120,000.00

TOTAL: \$2'719,800.00

San Nicolás de los Garza, Nuevo León
Diciembre de 2000