



# Menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá

CÉSAR ALEJANDRO GENEY CELIS<sup>1</sup>, MARÍA ZAIDEÉ BARBOSA DEVIA<sup>2</sup>,  
ALEJANDRA DEL PILAR DÍAZ GÓMEZ<sup>3</sup>, DIANA MARÍA PÉREZ CASTIBLANCO<sup>4</sup>,  
SAMUEL DAVID OSORIO GARCÍA<sup>1</sup>, YADY CRISTINA GONZÁLEZ ÁLVAREZ<sup>5</sup>

**Cómo citar:** Geney Celis CA, Barbosa Devia MZ, Díaz Gómez A del D, Pérez-Castiblanco DM, Osorio García SD, González Álvarez YC. Menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá. Univ Med. 2016;57(2):182-92. doi: <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.umed57-2mcpce>

## Resumen

**Introducción:** el plomo es un metal pesado, y su presencia en niños es un problema de salud pública. La pintura es la principal fuente de exposición por transferencia mano-boca. Genera daños en la salud como retardo mental, encefalopatía, alteraciones en el desarrollo neurológico, retraso en el crecimiento y déficit de atención. **Materiales y métodos:** estudio descriptivo, análisis secundario de los casos de menores de 17 años con concentraciones de plomo del estudio *Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013*. **Resultados:** el 93,7% de la muestra presentó alguna concentración de plomo en la sangre, el 37,5% tuvo cantidades superiores a los valores de referencia. De seis casos se resaltan cuatro de ellos: una niña de cuatro años presentó la concentración más elevada de plomo; a su vez tenía un factor de exposición y cuatro de los seis hallazgos clínicos evaluados. Otra niña de dieciséis años tuvo con tres hallazgos clínicos, y dos niños de ocho y quince años de edad también evidenciaron tres hallazgos clínicos. **Discusión:** la muestra de menores fue muy pequeña. Aun cuando los resultados no permiten realizar inferencias, que el 37,5% tuviera concentraciones

- 1 Médico general, Hospital Vista Hermosa, Bogotá, Colombia.
- 2 Enfermera, Especialización en Epidemiología, Hospital Vista Hermosa, Bogotá, Colombia.
- 3 Médico general. Maestría en Toxicología, Secretaría Distrital de Salud, Bogotá, Colombia.
- 4 Ingeniera ambiental, especialista en Salud Ocupacional y Gestión Ambiental, Hospital Vista Hermosa, Bogotá, Colombia.
- 5 Ingeniera química. Especialización en Epidemiología, Secretaría Distrital de Salud, Bogotá, Colombia.

Recibido: 03/03/2015

Revisado: 24/02/2016

Aceptado: 30/03/2015

en niveles superiores a los de referencia es preocupante. Además, los casos encontrados tenían hallazgos clínicos específicos descritos en la literatura, asociados a concentraciones elevadas de plomo, como retrasos en el desarrollo motor y de lenguaje, disminución del coeficiente intelectual y trastornos del aprendizaje. Estos hallazgos deberían ser suficientes para implementar acciones orientadas a la identificación temprana del plomo en menores.

**Palabras clave:** plomo, efectos adversos, intoxicación, toxicidad, exposición ambiental, Colombia.

**Title: Below 17 Years Minors with Lead Concentrations by Environmental Exposure in Bogotá**

**Abstract**

**Introduction:** Lead is a heavy metal. It's a public health issue its presence in children. The paint is the principal source of exposure by the transfer hand to mouth. Causes damages in health, like mental retardation, encephalopathy, alterations to the neurologic development, reduced physical growth, and attention-deficit hyperactivity disorder. **Materials and methods:** Descriptive study, secondary analysis about the cases of the below 17 years minors with lead concentrations of the research *Mercury and lead prevalence in a sample of people living in Bogotá, 2012-2013*. **Results:** 93.7% had any concentration of lead in the blood, 37.5% had levels above the maximum value allowed. 6 cases with levels above the maximum value allowed, 4 of them are highlighted, 1 girl of 4 years old had the highest lead level, furthermore she had 1 exposition factor and 4 of the 6 clinical findings evaluated; other girl with 16 years old and 3 clinical findings and 2 boys of 8 and 15 years old that also had 3 clinical findings. **Discussion:** The sample size was really small. Even though the results don't allowed to make some inferences, the fact that the 37.5% had concentrations above the maximum level allowed is worrying. In addition, the cases of children had

specific clinical findings described in the literature related with high lead concentrations like deleyed motor development, deleyed speech development, diminished IQ and learning disabilities. These findings should be enough for the implementation of actions focused in the early identification of lead levels in minors.

**Key words:** lead, adverse effects, poisoning, toxicity, environmental exposure, Colombia.

**Introducción**

El plomo es un metal pesado de color gris azulado, con un bajo punto de fusión, el cual se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, usualmente asociado a otros elementos. Los humanos lo han usado por lo menos desde hace siete mil años, debido a que está ampliamente distribuido, es fácil de extraer y es fácil de trabajar. Además, es altamente maleable y dúctil, así como fácil de fundir. Los compuestos de plomo inorgánico se usan como pigmentos en pinturas, tinturas y en esmaltes de cerámicas. Los compuestos organoplomados se utilizaron como aditivos de la gasolina y como antidetonantes. Las aleaciones de plomo se emplean en baterías; en fabricación de tuberías; en recubrimiento de cables, latón, bronce o acero; en soldaduras; en campos de radiación; en pipas de agua, y en munición.

Las personas que trabajan en industrias que produzcan los insumos o trabajen con los materiales expuestos presentan el riesgo de altas exposiciones a este metal. El plomo medioambiental proviene, sobre todo, de la actividad hu-

mana. La remoción de plomo de la gasolina, de la pintura, de la soldadura y de los tubos de suministro de agua ha disminuido de modo significativo las concentraciones de plomo en la sangre de la población general. Sin embargo, la exposición de plomo en niños continúa siendo un problema de gran interés en salud, pues la pintura es la principal fuente de exposición por transferencia mano-boca. En la población general se da principalmente por la comida y el agua [1].

El plomo genera daños en la salud de los niños. Se ha descrito que durante un embarazo logra cruzar las barreras hematoencefálica y hemato-placentaria, y de esta forma se acumula en el sistema nervioso central del feto. Es posible detectarlo a partir de muestras de sangre del cordón umbilical [2,3]; secundario a esta acumulación, el plomo genera alteraciones en la función cognitiva de los niños o disminución del índice de desarrollo mental [4].

Además, el plomo puede inducir retardo mental y encefalopatía en esta población [3]. Varios estudios han descrito los efectos deletéreos en el sistema nervioso central, así como daños en los sistemas hematopoyético, renal, endocrino y reproductivo [5].

Los mecanismos biomoleculares por los cuales el plomo genera alteraciones en la salud son:

1. Afinidad al donador de electrones de ligandos biológicos, especialmente grupos sulfhidrilos. Ello permite ligar e impactar en numerosas enzimas, receptores y proteínas estructurales.
2. Química. El plomo es similar al calcio e interfiere con numerosas rutas metabólicas, particularmente en la mitocondria y en los sistemas de segundos mensajeros, al regular el metabolismo de energía celular.
3. Efectos mutagénicos y mitogénicos en células mamíferas *in vitro*. Es carcinogénico en ratas y ratones; sin embargo, no hay evidencia de carcinogenicidad humana [6-8].

En niños, los síntomas de intoxicación con plomo debido a exposición crónica a concentraciones bajas incluyen irritabilidad, fatiga, déficit de atención, hiperactividad, mala memoria, disminución del coeficiente intelectual, alteraciones del desarrollo neurocomportamental, retraso en el crecimiento y agudeza auditiva disminuida. Rara vez estos se acompañan de alguna neuropatía [2,9-11].

Los valores de referencia del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de Atlanta como máximos permitidos para plomo en niños son aquellos menores o iguales a 5  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , y en adultos, valores mayores o iguales a 38  $\mu\text{g}/\text{dL}$  [12-14].

La Organización Panamericana de la Salud se fundamenta en documentos de la Organización Mundial de la Salud y de la Comisión Ambiental de los Estados Unidos de América, en los cuales se ha declarado que los niños son el grupo social más vulnerable a las amenazas ambientales por las siguientes razones: su diferencia fisiológica, en la que el cuerpo del niño es diferente al del adulto, por ejemplo, en la mielinización del sistema nervioso, que se completa hasta la adolescencia. Este hecho implica mayor facilidad para la fijación de compuestos orgánicos; además, las enzimas de fase 1 (realizan oxidaciones, reducciones o hidrólisis) y de fase 2 (reacciones de conjugación) se encuentran disminuidas en el recién nacido y alcanzan el máximo de actividad a los 12-16 años de edad. Sumado a lo anterior, el cuerpo del niño se encuentra en desarrollo. Sus células, órganos y vías metabólicas son inmaduras, comparadas a los adultos; por esto ellos se ven afectados más fácilmente por agentes tóxicos como el plomo, que ocasiona daños posiblemente más graves que en los adultos ante la exposición a estos [15].

En este artículo se describen los casos de concentraciones de plomo en menores de 17 años encontrados en el estudio *Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013* [16]. Se eligió este grupo de edad por los argumentos ya descritos.

*Objetivo.* Describir los hallazgos sociodemográficos y clínicos de los casos encontrados en menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá.

## **Materiales y métodos**

### ***Diseño***

Estudio descriptivo correspondiente al análisis de los casos de menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá, a partir del análisis secundario de los resultados del estudio *Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013*.

### ***Población de estudio***

Menores de 17 años participantes en el estudio *Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá*, realizado entre 2012 y 2013 en Bogotá. Corresponde a 16 personas que equivalen al 4% del total de participantes del estudio poblacional ( $n = 401$ ). Se seleccionó este grupo para realizar el análisis de casos teniendo en cuenta los hallazgos del estudio poblacional, entre los cuales se destaca que el valor promedio de plomo en la sangre para niños (menores de 16 años) superó ampliamente el valor de referencia internacional ( $5 \mu\text{g/dL}$ ). Tal situación resulta preocupante si se tiene en cuenta que, según la literatura, la concentración elevada de este metal en el organismo puede estar

asociada con afecciones en el neurodesarrollo, incluyendo retrasos en el desarrollo motor y de lenguaje, disminución del coeficiente intelectual y trastornos del aprendizaje en los niños principalmente [2,9-11].

### ***Recolección de información***

A los participantes del estudio poblacional, previo consentimiento o asentimiento informados, se les tomaron muestras de sangre, de cabello y de orina, y se les realizó una consulta médica dirigida a detectar posibles signos y síntomas relacionados con mercurio y plomo, mediante una encuesta adaptada del instrumento de evaluación en salud del Global Mercury Project [17]. Como criterios de exclusión se consideraron el no poder tomar las tres muestras biológicas requeridas y la no aceptación de participar en el estudio.

### ***Método de laboratorio***

Las muestras biológicas se procesaron en el Laboratorio de Salud Pública de la Secretaría Distrital de Salud. El contenido de plomo en la sangre se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, en un equipo ICE 3400 de Thermo, contra estándares de referencia NIST.

### ***Análisis estadístico***

Se realizó un análisis descriptivo que incluyó la caracterización sociodemo-

gráfica de la población de estudio y los resultados de las concentraciones de plomo detectadas en los análisis de laboratorio de las muestras de sangre. El análisis descriptivo incluyó distribución de frecuencias absolutas y relativas para las variables cualitativas, y para las variables cuantitativas se calcularon estadísticas de tendencia central y dispersión, como promedio, mediana, cuartiles, rango y desviación estándar. Este análisis se complementó con mapas y gráficas, a efectos de resaltar características importantes del estudio.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 21. Los hallazgos clínicos encontrados en los menores de 17 años se enmarcaron en lo descrito en estudios científicos y demás bibliografía relacionada con efectos en la salud por la exposición al plomo.

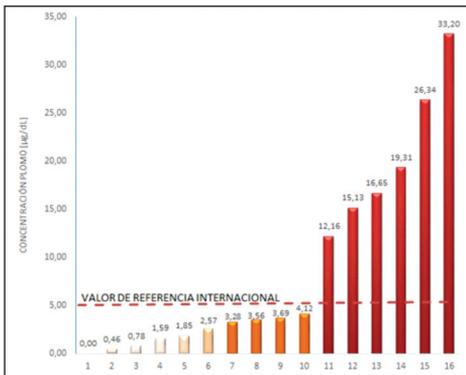
## **Resultados**

Con relación a las características sociales y demográficas de los menores de 17 años de edad correspondientes a la población en estudio, se observó que el promedio de edad fue 9,4 años (rango 3-16 años); de ellos 5 fueron menores de 5 años. El 50% ( $n = 8$ ) fueron mujeres. No participaron en el estudio niños de los estratos 4, 5 y 6. En la tabla 1 se presentan las estadísticas descriptivas de las concentraciones de plomo en marcadores biológicos.

**Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las concentraciones de plomo en marcadores biológicos**

<b>Mínimo</b>	0,00
<b>Mediana</b>	3,62
<b>Máximo</b>	33,20
<b>Media</b>	9,04
<b>Mujeres</b>	11,92
<b>Hombres</b>	6,15
<b>Desviación típica</b>	10,26
<b>Valor de referencia internacional (CDC)</b>	5,00

El 93,7% ( $n = 15$ ) presentó alguna concentración de plomo en la sangre y el 37,5% ( $n = 6$ ) tuvo cantidades superiores a los valores de referencia recomendados por el CDC en niños (figura 1).



**Figura 1.** Concentraciones de plomo ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) detectadas en menores de 17 años

Los seis casos con cantidades elevadas tenían cercanía geográfica y residían en tan solo tres de las veinte localidades de la ciudad de Bogotá, correspondientes

a San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe y Antonio Nariño (figura 2).



**Figura 2.** Menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá

No se encontró relación del aumento en las concentraciones de plomo respecto de los factores de exposición en los participantes del estudio; por el contrario, la frecuencia de tener que jugar con tierra, vivir cerca de áreas de fundición de plomo o convivir con alguien que trabaje y manipule plomo fue mayor en el grupo de los casos con cantidades inferiores a los valores de referencia (tabla 2).

Tabla 2. Factores de exposición y hallazgos clínicos en menores de 17 años

Factores de exposición y hallazgos clínicos	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10	Caso 11	Caso 12	Caso 13	Caso 14	Caso 15	Caso 16
	Niveles superiores al valor de referencia							Niveles inferiores al valor de referencia								
Concentración plomo (µg/dL)	16,6	26,34	12,16	19,31	33,2	15,13	3,67	0,78	2,57	1,85	4,11	0	3,28	3,56	0,46	1,59
Edad	8	11	16	15	4	8	9	4	3	3	3	10	16	13	14	13
Sexo	M	F	F	M	F	F	F	F	M	M	F	F	M	M	M	M
Tiempo de residencia en el lugar actual (años)	8	11	Sin dato	4	4	0,33	9	4	3	3	3	10	12	13	14	13
Juega con tierra o vive cerca a áreas de fundición de plomo	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No
Conducta tipo PICA	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Vive con alguien que trabaje o manipule plomo	Sí	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	No	Sí	ND	ND	ND	ND	ND
Le han diagnosticado problemas del comportamiento (déficit de atención)	Sí	NA	NA	NA	Sí	No	No	No	No	No	No	NA	NA	NA	NA	NA
Le han dicho que tiene problemas de aprendizaje	Sí	NA	NA	NA	Sí	No	No	No	No	No	No	NA	NA	NA	NA	NA
Problema de desarrollo	No	NA	NA	NA	Sí	No	No	No	No	No	No	NA	NA	NA	NA	NA
IMC	14,2	18,7	26,3	19,7	18,6	20	15,1	13,8	15,2	14,6	14,7	15,5	20,5	19,7	19,5	18,8
Problema de crecimiento	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí
Alteración en el test de atención	NA	No	Sí	Sí	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	No	No	No	No	No
Alteración en el Test Mienxamen del Estado Mental	NA	No	Sí	Sí	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	No	Sí	No	Sí	Sí
Antecedente de enfermedad neurológica	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	No

NA: no aplica; ND: sin datos.

La proporción para el diagnóstico de problemas de comportamiento y para la pregunta “¿le han dicho que tiene problemas de aprendizaje?” fue del 66,7% en el grupo de los menores con cantidades superiores a los valores de referencia, respecto de un 0% en el grupo de los participantes con concentraciones inferiores. Es importante señalar que estas preguntas no se realizaron a los mayores de 10 años; por lo general este diagnóstico se hace previo a los 10 años de edad.

En la evaluación de problemas de desarrollo se encontró una proporción del 33,3% en el grupo con cantidades superiores; mientras que para el otro grupo fue del 0%. Este apartado se evaluó en los niños con edades iguales o menores a 10 años, razón por la cual los mayores de esta edad años no les realizó esta valoración.

Los problemas de crecimiento evaluados clínicamente en talla o en peso también tuvieron una mayor proporción en el grupo con índices superiores a los de referencia en comparación con el otro grupo. La proporción para el primer grupo fue del 66,7%; mientras que para el segundo grupo fue del 50%. La relación de proporciones fue de 1,33 menores con índices elevados de plomo y problemas de crecimiento respecto de cada niño con niveles inferiores de plomo y problemas de crecimiento.

El test de atención y el Test Minimal se realizaron en los mayores de 10 años, considerando esta la edad apropiada para que los menores acatarán adecuadamente las indicaciones dadas. El test de atención se encontró alterado en el grupo con cantidades elevadas de plomo en una proporción del 66,7% de los menores en comparación con un 0% en el grupo con cantidades inferiores. En los resultados del Test Minimal también se observó una mayor proporción en el grupo con índices superiores, en comparación con el grupo de menores con cantidades inferiores. La proporción fue del 66,7% respecto de un 60%, con una tasa de 1,11.

De los seis casos con cantidades elevadas de plomo se resaltan cuatro, correspondientes a una niña de cuatro años de edad, quien presentó el índice más elevado de plomo y que, a su vez, reporta tener un factor de exposición y cuatro de los seis hallazgos clínicos evaluados. Otra niña de dieciséis años tuvo tres hallazgos clínicos, y dos niños, de ocho y quince años también evidenciaron tres hallazgos clínicos, uno de ellos con un factor de exposición y un antecedente de enfermedad neurológica.

## **Discusión**

Dentro de las limitantes del estudio se destaca que el número de niños fue muy pequeño, lo cual no permite realizar inferencias poblacionales sobre el

comportamiento de las concentraciones de plomo en los menores de 17 años. A su vez, el total de los menores participantes en el estudio fueron de estrato socioeconómico 1, 2 y 3, condición que puede estar ligada a deficiencias nutricionales, socioeconómicas y ambientales que podrían contribuir a los hallazgos encontrados; sin embargo, se desconoce cómo es el comportamiento de plomo en menores residentes en estratos 4, 5 y 6. Por esta razón son necesarios estudios con representatividad para los menores de 17 años, donde a su vez estén representados todos los estratos socioeconómicos.

Aun cuando los resultados del estudio no permiten inferencias poblacionales, sí resulta preocupante que en el 93,7% ( $n = 15$ ) de los menores se encontró alguna concentración de plomo en la sangre y que en el 37,5% ( $n = 6$ ) esta concentración estuvo en niveles superiores a los valores de referencia recomendados por el CDC en niños. Estos resultados, sumados a los casos encontrados con hallazgos clínicos específicos en los niños con índices elevados y lo descrito en la literatura respecto de que las concentraciones elevadas de plomo (donde se refiere que en niños la presencia del plomo puede estar asociada con afecciones en el neurodesarrollo, incluyendo retrasos en el desarrollo motor y de lenguaje, disminución del coeficiente intelectual

y trastornos del aprendizaje) deberían ser suficientes para implementar acciones orientadas a la identificación temprana de cantidades de plomo en menores, incluso desde su nacimiento, tal como viene realizándose en otros países, como Estados Unidos, donde se realizan tamizajes de plomo en la gestación, especialmente a aquellas gestantes con síntomas asociados a intoxicación crónica por plomo [18].

El hallazgo de altas concentraciones en sangre de los seis menores residentes en las localidades de San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe y Antonio Nariño, las cuales tienen continuidad geográfica, puede indicar que allí hay una mayor exposición al plomo respecto a otras áreas de la ciudad, y al desconocer las fuentes de contaminación y no realizar acciones para controlarlas, implicaría que en cualquier momento pueden aumentar con consecuencias irreversibles para la salud de la población. Por lo anterior, se plantea la necesidad de detectar, vigilar y controlar posibles fuentes de exposición con énfasis en estas tres localidades.

A pesar de que no se encontró relación del aumento en las concentraciones de plomo respecto de los factores de exposición en los participantes del estudio, dos de los participantes tenían factores de exposiciones claros para plomo. Este hallazgo puede explicarse por el limitado tamaño de la muestra.

Los casos encontrados presentan hallazgos clínicos claramente asociados con intoxicación por plomo, y aunque no es posible afirmar que estas afecciones tengan una relación directa con este metal, sí debería sospecharse del plomo como el principal causante de los hallazgos clínicos. Los resultados de este estudio son consistentes con lo encontrado en los trabajos de Kumar y cols. [2], Liu Jie y cols. [3], Jedrychowski y cols. [4], Krieg y cols. [9] y Prins y cols. [11].

### Agradecimientos

A la colaboración al grupo de profesionales de la Secretaría Distrital de Salud; al doctor Jaime Hernán Urrego, director de Salud Pública; a Patricia Arce Guzmán, profesional especializada en Vigilancia en Salud Pública; a Libia Ramírez, profesional especializada en Vigilancia Sanitaria y Ambiental; al Comité de Ética para la Investigación en Salud; a la ingeniera Claudia Quijano, referente de Salud Ocupacional; al doctor Herbert Iván Verá, director encargado del Laboratorio de Salud Pública; al doctor David Combariza, de la Dirección de Investigación del Instituto Nacional de Salud; a la doctora Karla Cárdenas, del Grupo de Factores de Riesgo del Ambiente del Instituto Nacional de Salud; al doctor Luis Jorge Hernández, por los aportes realizados a este artículo; a los gerentes de los hospitales de la Red Pública Distrital; a la

geógrafa Mónica Correal, y a las auxiliares Maryi Correa y Teresa Sedano, encargadas de la convocatoria de los participantes para toma de muestras y digitalización de la información.

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés en la realización del estudio.

### Financiación

El presente estudio fue financiado con recursos propios de la Secretaría Distrital de Salud a través del Hospital Vista Hermosa ESE, I Nivel, y no tuvo financiación por parte de la empresa privada.

### Referencias

1. Klaassen C. Casarett Doull's toxicology. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 2008.
2. Kumar N. Industrial and environmental toxins. *Continuum: Lifelong Learning in Neurology*. 2008;14(5):102-37. doi: 10.1212/01.CON.0000337996.78044.42
3. Liu Jie, Goyer RA, Waalkes MP. Toxic effects of metals. En Casarett and Doull's toxicology. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 2008. p. 931-72.
4. Jedrychowski W, Perera F, Jankowski J, et al. Gender specific differences in neurodevelopmental effects of prenatal exposure to very low-lead levels: the prospective cohort study in three-year olds. *Early Hum Dev*. 2009 Aug;85(8):503-10.
5. Falq G, Zeghnoun A, Pascal M, et al. Blood lead levels in the adult population

- living in France the French Nutrition and Health Survey (ENNS 2006-2007). *Environ Int.* 2011;37(3):565-71.
6. Ferrer A. Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra.* 2003;26(Suppl 1):141-53.
  7. Hoffman RS, Nelson LS, Howland MA, et al. *Goldfrank's manual of toxicologic emergencies.* New York: McGraw-Hill Companies; 2007. p. 722-32.
  8. Garza A, Vega R, Soto E. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. *Med Sci Monit.* 2006 Mar;12(3):57-65.
  9. Krieg EF, Chrislip DW, Crespo CJ, et al. The relationship between blood lead levels and neurobehavioral test performance in NHANES III and related occupational studies. *Public Health Rep.* 2005;120(3):240-51.
  10. McKelvey W, Gwynn RC, Jeffery N, et al. A biomonitoring study of lead, cadmium, and mercury in the blood of New York city adults. *Environ Health Perspect.* 2007;115(10):1435-1.
  11. Prins JM, Brooks DM, Thompson CM, et al. Chronic low-level plomo exposure during development decreases the expression of the voltage-dependent anion channel in auditory neurons of the brainstem. *Neurotoxicology.* 2010;31(6):662-73.
  12. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for lead; 2007:1-523.
  13. Center for Disease Control and Prevention. Blood lead levels in children what do parents need to know to protect [internet]. CDC; 2011. p. 1.2. Disponible en: [http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/lead\\_levels\\_in\\_children\\_fact\\_sheet.pdf](http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/lead_levels_in_children_fact_sheet.pdf)
  14. Center for Disease Control and Prevention. Blood lead levels [internet]; 2014. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nceh/lead/>
  15. Organización Panamericana de la Salud. *Determinantes ambientales y sociales de la salud.* Washington, DC: McGraw-Hill; 2010.
  16. Osorio SD, Hernández LJ, Sarmiento R. Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. *Rev Salud Pública.* 2014;16(4):621-8.
  17. Veiga MM, Baker R. Global Mercury Project. Protocols for environmental & health assessment of mercury released by artisanal and small-scale gold miners. Global Mercury Project. Viena; 2004. p. 1-145.
  18. Center for Disease Control and Prevention. Guidelines for the identification and management of lead exposure in pregnant and lactating women. Ettinger AS, Wengrovitz AG. Atlanta. U.S. Department of Health and Human Services; 2010. p. 1-267.

---

### Correspondencia

César Alejandro Geney Celis  
cesar.geney@gmail.com

---