

## Factores de riesgo asociados a los niveles de plomo en sangre de niños de la Comunidad de Madrid en 2010

### *Risk factors associated with the blood lead levels of children in the Community of Madrid in 2010*

### *Fatores de risco associados aos níveis de chumbo no sangue das crianças da Comunidade de Madrid em 2010*

**José María Ordóñez-Iriarte<sup>a</sup>, Montserrat González-Estecha<sup>b</sup>, José Jesús Guillén-Pérez<sup>c</sup>, M<sup>a</sup> José Martínez-García<sup>d</sup>, Belén Gaviña Fernández-Montes<sup>b</sup>, Manuel Ignacio Aparicio-Madre<sup>e</sup>, Andrés Bodas-Pinedo<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Dirección General de Ordenación Sanitaria e Inspección. Consejería de Sanidad.

<sup>b</sup> Hospital Clínico San Carlos. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.

<sup>c</sup> Universidad de Murcia. Región de Murcia.

<sup>d</sup> Universidad Politécnica de Cartagena. Región de Murcia.

<sup>e</sup> Dirección General de Hospitales. Servicio Madrileño de Salud (SERMAS). Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid.

**Cita:** Ordóñez-Iriarte JM, González-Estecha M, Guillén-Pérez JJ, Martínez-García MJ, Gaviña-Fernández-Montes B, Aparicio-Madre MI, Bodas-Pinedo A. Factores de riesgo asociados a los niveles de plomo en sangre de niños de la Comunidad de Madrid en 2010. Rev salud ambient. 2013;13(2):169-177.

**Recibido:** 25 de septiembre de 2013. **Aceptado:** 9 de noviembre de 2013. **Publicado:** 31 de diciembre de 2013.

**Autor para correspondencia:** José María Ordóñez-Iriarte.

Correo-e : [josemaria.ordonez@salud.madrid.org](mailto:josemaria.ordonez@salud.madrid.org)

Dirección General de Ordenación Sanitaria e Inspección. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid. C/Ronda de Segovia 52, 1ª planta. 28005-Madrid. Spain. Tel: +34 91 370 2072. Fax: +34 91 205 22 79

**Financiación:** Ninguna.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

**Declaraciones de autoría:** Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

## Resumen

**Introducción:** El plomo es un elemento tóxico para el hombre, siendo los niños la población más vulnerable.

**Objetivo:** Conocer los factores de riesgo asociados a los niveles de plomo en sangre existente en niños de la Comunidad de Madrid tras 9 años de prohibición del plomo en las gasolinas.

**Métodos:** Estudio transversal realizado en el año 2010 en el que se incluyeron 85 niños de ambos sexos, menores de 15 años reclutados en consulta ambulatoria del Servicio de Pediatría del Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Se aprovechó la extracción de sangre para la determinación de otros parámetros sanguíneos. El plomo se midió por espectrometría de absorción atómica con atomización electrotrémica y corrección de fondo por efecto Zeeman. Además se pasó una encuesta a los padres recogiendo toda una serie de variables socioeconómicas y ambientales.

**Resultados:** La media aritmética de plomo en sangre encontrada en los niños ha sido de 1,1 µg/dL (DE=0,7 µg/dL) con un rango desde 0,1 µg/dL hasta 3,4 µg/dL. La media geométrica es de 0,9 µg/dL (DE= 1,1 µg/dL). Los factores de riesgo asociados a estos niveles son: jugar en la calle, bajo nivel de estudios del padre como de la madre, las aficiones ligadas al plomo de alguno de los padres, el consumo de tabaco del padre y beber agua del grifo.

**Conclusiones:** Los niveles de plomo en la sangre de los niños de la Comunidad de Madrid se han reducido pero siguen existiendo factores de riesgo sociodemográficos y ambientales asociados a estos niveles.

**Palabras clave:** Plomo en sangre; niños; factores de riesgo; prohibición del plomo en las gasolinas

## Abstract

**Introduction:** Lead is a toxic element for humans, with children being the most vulnerable population.

**Objective:** To find out the risk factors associated to the existing blood lead levels (BLLs) of children in the Community of Madrid, after 9 years of lead being banned in gasoline.

**Methods:** A cross-sectional study was carried out in 2010 with a sample of 85 children, less than 15 years of age, recruited via the outpatients' service of the Pediatrics Department of the *Hospital Clínico San Carlos* in Madrid. Routine blood tests provided the opportunity for determining other blood parameters. Lead levels were measured using electrothermal-atomization atomic absorption spectrometry with the Zeeman-effect background correction. In addition, a survey was undertaken directed to the parents for gathering information about a series of socioeconomic and environmental variables.

**Results:** The arithmetic mean of the BLLs in the children was 1.1  $\mu\text{g}/\text{dL}$  ( $\text{SD}=0.7 \mu\text{g}/\text{dL}$ ) with a range from 0.1  $\mu\text{g}/\text{dL}$  to 3.4  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . The geometric mean was 0.9  $\mu\text{g}/\text{dL}$  ( $\text{SD}=1.1 \mu\text{g}/\text{dL}$ ). The risk factors associated to these BLLs are the following: playing in the street; low educational level of the parents; leisure activities of one of the parents linked to lead; tobacco smoking of the father; and drinking tap water.

**Conclusions:** The BLLs of the children in the Community of Madrid have decreased, but there are still sociodemographic and environmental risk factors associated to the present levels.

**Keywords:** Blood lead level (BLL); children; risk factors; banning of lead in gasoline.

## Resumo

**Introdução:** O chumbo é um elemento tóxico para os seres humanos, sendo as crianças as mais vulneráveis.

**Objetivo:** Conhecer os fatores de risco associados aos níveis de chumbo existentes no sangue das crianças da comunidade de Madrid, após 9 anos de proibição de chumbo na gasolina.

**Métodos:** Estudo transversal realizado em 2010 que incluiu 85 crianças de ambos os sexos, com menos de 15 anos, selecionadas na consulta externa do Serviço de Pediatria do Hospital Clínico San Carlos em Madrid. Para a detecção dos níveis de chumbo foram aproveitadas amostras de sangue destinadas à determinação de outros parâmetros. O chumbo foi medido por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica e correção de fundo por efeito Zeeman. Conjuntamente, realizou-se um questionário aos pais para recolher uma série de variáveis socioeconômicas e ambientais.

**Resultados:** A média aritmética de chumbo no sangue encontrado nas crianças foi de 1,1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ( $\text{SD}=0,7 \mu\text{g}/\text{dl}$ ), com um intervalo de 0,1  $\mu\text{g}/\text{dl}$  a 3,4  $\mu\text{g}/\text{dl}$ . A média geométrica é de 0,9  $\mu\text{g}/\text{dl}$  ( $\text{SD}=1,1 \mu\text{g}/\text{dl}$ ). Os fatores de risco associados aos níveis apresentados são: o brincar na rua, o baixo nível de escolaridade dos pais, as atividades de lazer de um dos pais relacionadas com o chumbo, os hábitos tabágicos do pai e o consumo de água da rede pública.

**Conclusões:** Os níveis de chumbo no sangue das crianças da Comunidade de Madrid reduziram, contudo subsistem fatores de risco sociodemográficos e ambientais associados a estes níveis.

**Palavras-chave:** Plumbémia (PbB); crianças; fatores de risco; proibição de chumbo na gasolina.

## INTRODUCCIÓN

El plomo es un metal pesado cuyo uso fue creciendo desde la Antigüedad de forma progresiva debido a sus propiedades físicas<sup>1</sup>; sin embargo, las mayores exposiciones poblacionales al mismo se dieron en el siglo XX debido a su uso como antidetonante en las gasolinas<sup>1</sup>. En 1921 se descubrieron las posibilidades que al respecto ofrecían el tetraetil y el tetrametil plomo frente a la preoxidación (detonación) en el carburador de los coches de gasolina<sup>2</sup>.

Es muy probable que los efectos tóxicos del plomo, fundamentalmente los casos de exposición a altas dosis, se conociesen desde el primer momento que el hombre descubrió sus utilidades<sup>3</sup>. Actualmente existe abundante literatura sobre los efectos del plomo, sobre todo a bajas concentraciones<sup>4-7</sup>, siendo los niños la población más vulnerable<sup>8-10</sup>. El Comité Asesor para la Prevención de la intoxicación por plomo en la Infancia (ACCLPP en su acrónimo en inglés, 2012) ha recomendado a los Centros de Prevención y Control de las Enfermedades (CDC en sus siglas en inglés), que lo ha aceptado, utilizar un valor de

referencia que se base en el percentil 97,5 de la distribución de plomo en sangre de los niños de 1 a 5 años de USA, que está en 5  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , y que ese valor se actualice cada 4 años con los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES, en su acrónimo en inglés)<sup>11,12</sup>.

Diferentes estudios han señalado la relación que existe entre la concentración de plomo en sangre y una serie de factores sociodemográficos y ambientales como son el hábito tabáquico, el bajo nivel socioeconómico, viviendas antiguas como indicador de cañerías internas de plomo, presencia de mascotas en casa, jugar en la calle, etc<sup>13-15</sup>. En varios estudios llevados a cabo en la Comunidad de Madrid, en el año 1995, los niveles de plomo en sangre de los niños se encontraban asociados de forma significativa a los hábitos de oralidad, jugar en la calle, al tipo de trabajo del padre, al tabaco de la madre, a los años de la vivienda y a la presencia de gatos, como mascotas, en la casa<sup>16,17</sup>.

La progresiva reducción de la concentración de plomo en las gasolinas y su posterior prohibición se tradujo, en EE.UU., en una disminución del plomo en la sangre de los niños<sup>18</sup>. En España esta prohibición se produjo en agosto

del año 2001<sup>19</sup>.

El objetivo de este estudio es conocer los factores de riesgo asociados a los niveles de plomo en sangre que presentan los niños de la Comunidad de Madrid en el año 2010.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio transversal llevado a cabo entre el mes de mayo y noviembre del año 2010, nueve años después de que se prohibiera el plomo en las gasolinas. La población de estudio la constituye el conjunto de niños menores de 15 años de edad, de ambos sexos, atendidos en régimen de consulta ambulatoria en el Servicio de Pediatría del Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Se midieron los niveles de plomo en sangre de niños de Madrid y las variables que lo condicionan.

Se incluyeron todos los niños de ambos sexos, menores de 15 años de edad que acudieron a la consulta ambulatoria del Servicio de Pediatría del Hospital Clínico San Carlos de Madrid que llevasen residiendo al menos cinco años o hubiesen nacido en Madrid. Se realizó un muestreo consecutivo en el que se incluyeron los pacientes que acudieron a consulta ambulatoria de pediatría y cumplieron los criterios de inclusión y precisaban un análisis de sangre. Se excluyeron a los niños cuyos padres o tutores no aceptaron por escrito el participar, a los que no rellenaron debidamente la encuesta y a los que no fue posible extraer sangre.

Se recogió la información de las variables sociodemográficas y ambientales, con posible relación con la exposición al plomo, a través de un cuestionario que era rellenado por el pediatra con las respuestas que daban los padres o tutores de los niños en el momento de la consulta. El cuestionario consta de 15 preguntas y fue elaborado expresamente por el equipo investigador utilizando el que había sido usado en estudios previos<sup>14,16</sup>.

Las variables sociodemográficas recogidas fueron las siguientes:

- Edad del niño, asistencia y años de asistencia a guardería o colegio, hábitos de oralidad (chuparse algún dedo, morder objetos y/o llevárselos a la boca) y lugares habituales de juego fuera del colegio (interior de la casa *versus* en la calle o parque del barrio).
- Edad, nivel de estudios, actividad laboral y hábito tabáquico de los padres.

Las variables medioambientales relativas a la vivienda habitual del niño fueron: antigüedad y años de ocupación de la vivienda, ingesta de bebidas que hace el niño (agua

del grifo o embotellada y bebidas gaseosas), presencia de mascotas en la vivienda (perro, gato u otro tipo de animal).

La extracción sanguínea se realizó en ayunas a primera hora de la mañana con material estéril desechable; de la sangre obtenida para la determinación de otros parámetros sanguíneos, se aprovechó una parte, recogida en tubo específico, para los fines de este estudio.

El plomo se midió por espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica y corrección de fondo con efecto Zeeman en un espectrómetro Perkin Elmer AAnalyst 800. Para la evaluación de la exactitud y la precisión se analizaron controles externos con concentraciones crecientes de plomo. La medición de la precisión intermedia se obtuvo realizando las mediciones en tiempos diferentes con distintos operadores y variando la calibración. Se observó una imprecisión intermedia del 3,6 % para una concentración de 2,1 µg/dL, de 1,1 % para la de 10,8 µg/dL, de 1,1 % para 16,8 µg/dL, de 0,6 % para 35,0 µg/dL y de 0,5 % para la concentración de 57,2 µg/dL. El sesgo o inexactitud estuvo entre el 0,0 % y el 0,6 %. La estimación de la repetibilidad en el mismo día y con el mismo operador y curva de calibración, en dos niveles, 2,1 y 10,7 µg/dL, fue de 3,8 % y 1,5 % respectivamente. Se obtuvo un límite de detección (LD) de 0,043 µg/dL y un límite de cuantificación (LC) de 0,130 µg/dL. A las muestras con valores inferiores al límite de cuantificación se les asignó un valor para los cálculos de 0,1 µg/dL. El laboratorio participó en el programa de control de calidad externo de la Universidad de Surrey (Guildford, UK), con excelente rendimiento.

Se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS/PC+ y EpiInfo V6. Se calcularon medias con intervalos de confianza del 95 %, ANOVA y regresiones lineales simples y múltiples; en aquellas ocasiones en que no fueron apropiadas pruebas paramétricas, se recurrió a pruebas no paramétricas (correlación de Spearman y pruebas de Kruskal-Wallis). Las variables de nivel de estudios de los padres, la antigüedad de la vivienda y el tiempo de ocupación de la misma por las familias de los niños fueron manejadas para algunos análisis (la regresión de Spearman y la regresión múltiple) como variables numéricas ordinales. El análisis de regresión lineal múltiple se realizó por el procedimiento "hacia delante" (*step towards*).

Se pidió el consentimiento informado previo a la realización del estudio. Se respetaron las normas internacionales de protección de datos, así como la legislación española vigente<sup>20</sup>. Se solicitaron y obtuvieron la autorización del Comité de Ética, del Comité de Investigación y de la Dirección del Hospital.

## RESULTADOS

En esta fase del estudio han participado un total de 85 niños que cumplían los criterios de inclusión y que fueron reclutados cuando acudieron para consulta ambulatoria de pediatría. El 21 % de ellos no han nacido en España. En relación al sexo, hay más niñas, 60 %, que

niños, un 40 %. La edad media de todos ellos es de 85,4 meses (7,12 años), con una desviación estándar (DE) de 50,4 meses. Por su parte, los padres tienen una edad media de 39,5 años (DE=5,8 años) y las madres de 37,5 años (DE=6,0 años). El 45,9 % de los padres no fuma (ni ha fumado) frente al 65,9 % de las madres (Tabla 1).

Tabla 1. Principales características sociodemográficas y niveles de plomo asociados a los niños de la Comunidad de Madrid en el año 2010

Características sociodemográficas de los niños	Nº de niños	%	Plomo en sangre (µg/dL)(DE*)	Valor p
<b>GLOBAL: NIVELES DE PLOMO EN SANGRE:</b>			1,1 (0,7) 0,9 (1,1)	
<b>SEXO</b>			1,1 (0,7) 1,2 (0,7)	0,779
	34 51	40,0 60,0		
<b>EDAD (en meses, DE*)</b>	85,4 (54,0)		r = 0,06	0,564
<b>NACIONALIDAD</b>			1,2 (0,8) 0,9 (0,6)	0,146
	57 18	75,0 25,0		
<b>HÁBITOS DE ORALIDAD (actuales y/o pasados):</b>				
<b>● MORDIDA DE UÑAS:</b>			1,3 1,1	0,237
	26 49	30,6 57,6		
<b>● CHUPARSE EL DEDO:</b>			1,3 1,1	0,123
	23 52	27,1 61,2		
<b>● CHUPAR/LLEVARSE OBJETOS A LA BOCA:</b>			1,2 1,0	0,334
	45 30	52,9 35,3		
<b>LUGAR HABITUAL DE JUEGOS</b>			1,0 1,3	0,050
	41 34	48,2 40,0		
<b>Características sociodemográficas de los padres</b>				
<b>EDAD (en años, DE)</b>			r = 0,223 r = 0,007	0,060 0,952
<b>NIVEL DE ESTUDIOS</b>				
<b>● PADRES:</b>		5,9	1,8	
		27,1	1,2	0,068
	5 23 21 23	5,9 27,1 24,7 27,1	1,1 0,9	
			r** = - 0,275	0,019
<b>● MADRES:</b>		7,1	1,7	
		23,5	1,2	0,039
	6 20 22 26	7,1 23,5 25,9 30,6	1,2 0,8	
			r** = - 0,309	0,007
<b>ALGÚN PADRE TRABAJA EN CONTACTO CON PLOMO</b>				
			1,3 1,1	0,310
	11 63	12,9 74,2		
<b>ALGÚN PADRE TIENE AFICIONES QUE TENGAN QUE VER CON EL PLOMO</b>				
			2,1 1,0	0,002
	4 70	4,8 82,3		
<b>CONSUMO DE TABACO</b>				
<b>● PADRES:</b>			0,9 1,6 1,2 1,0	0,050
	39 11 9 11	45,9 12,9 10,6 12,9		
<b>● MADRES:</b>			1,2 1,1 - 1,1	0,886
	56 5 0 14	65,9 5,9 0,0 16,5		

\*DE= Desviación estándar; r\*\* = correlación de Pearson

La media aritmética de plomo en sangre encontrada en los niños objeto de este estudio ha sido de 1,1 µg/dL (DE=0,7 µg/dL) con un rango que va desde 0,1 µg/dL hasta 3,4 µg/dL. La media geométrica es de 0,9 µg/dL (DE=1,1 µg/dL) y la mediana es de 1,1 µg/dL. Los percentiles 25 y 75 son 0,6 µg/dL y 1,6 µg/dL, respectivamente. El 8,2 % de los niños presentan valores por debajo del límite de detección (0,2 µg/dL). Solo el 5,9 % de los niños tienen niveles iguales o mayores de 2,4 µg/dL, nivel por debajo del cual se desconoce el efecto que tiene el plomo sobre el Cociente Intelectual<sup>7</sup> (Tabla 1).

Los niveles de plomo en sangre estuvieron asociados de forma significativa con las siguientes variables: jugar en la calle, bajo nivel de estudios tanto del padre como de la madre, las aficiones que tienen que ver con el plomo de alguno de los padres y el consumo de tabaco del padre (Tabla 1).

También existen diferencias significativas en relación al consumo de agua; los niños que consumen mayoritariamente el agua del grifo presentan niveles de plomo en sangre mayores que los que beben otro tipo de bebidas (Tabla 2).

Tabla 2. Determinantes ambientales y su relación con los niveles de plomo en sangre de los niños de la Comunidad de Madrid en el año 2010

Características medioambientales		Nº de niños	%	Plomo en sangre (µg/dL) (DE*)	Valor p
<b>AÑOS DE LA VIVIENDA (£):</b>	• Menos de 5 años	6	7,1	1,0 (0,8)	0,104
	• Entre 5 y 9 años	6	7,1	1,4 (0,8)	
	• Entre 10 y 14 años	16	18,8	2,2 (0,1)	
	• Entre 15 y 19 años	2	2,4	1,1 (0,7)	0,092
	• Entre 20 y 29 años	9	10,6	0,9 (0,7)	
	• Entre 30 y 50 años	25	29,4	1,0 (0,5)	
	• Mas de 50 años	7	8,2		
				r* = - 0,202	
<b>AÑOS OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA (£):</b>	• Menos de 1 año	9	10,6	0,8	0,581
	• Entre 1 y 2 años	20	23,5	1,2	
	• Entre 3 y 4 años	10	11,8	1,0	
	• Entre 5 y 6 años	9	10,6	1,2	0,072
	• Entre 7 y 8 años	10	11,8	1,3	
	• Entre 9 y 10 años	7	8,2	1,4	
	• Más de 10 años	10	11,8		
<b>MASCOTAS:</b>					
	• Si	9	10,6	1,1 (0,6)	0,985
	• No	66	77,6	1,1 (0,7)	
<b>FUENTE DE BEBIDA DEL NIÑO</b>					
	• Agua del grifo	57	67,1	1,3 (0,7)	0,018
	• Agua embotellada, refrescos y otras bebidas	18	21,2	0,8 (0,7)	

DE= Desviación estándar; r\*= regresión de Spearman

£ = En el caso de las variables marcadas con este símbolo se han realizado dos análisis: ANOVA y cálculo del coeficiente de correlación de Spearman.

El análisis conjunto de las variables usadas, realizado con regresión múltiple (Tabla 3), supone la simplificación de un modelo muy parsimonioso, con tres variables explicativas y un coeficiente de correlación múltiple de 0,65, que en la práctica supone explicar con el modelo el 42 % de la variación de los niveles de plomo en sangre de los niños. Las variables de la ecuación son todas las que resultaron significativas de forma aislada. Los estudios

de los padres tienen una relación inversa con los niveles de plomo en sangre de los niños en el sentido de que a mayores estudios de los padres, menores son los niveles de plomo. Las otras dos variables que complementan el modelo tienen relación directa: a mayor hábito tabáquico de los padres y al hecho de beber el agua del grifo, los niveles de plomo que presentan los niños serían mayores.

Tabla 3. Relación entre los niveles de plomo en sangre de los niños y las variables sociodemográficas y ambientales de los padres y los niños. Regresión múltiple

Modelo de regresión múltiple	Coefficiente (µg/dL)	Error típico	p
Ajuste global (r): 0,647; (p=0,001 ; n=68)			
VARIABLES DEL MODELO:			
Constante	1,809	0,442	≤ 0,001
Tabaco de padre	0,452	0,171	0,010
Estudio de los padres	-0,234	0,084	0,007
Agua de bebida	0,494	0,178	0,007

Método: Forward; p "in" = 0,05; p "out" = 0,10

## DISCUSIÓN

Los valores de plomo en sangre de los niños de la Comunidad de Madrid han experimentado una importante disminución, desde los 3,8 µg/dL (DE=0,2 µg/dL) que tenían en el año 1995<sup>16,17</sup> a una media de 1,1 µg/dL (DE=0,7 µg/dL) encontrada en este estudio en niños de 0 a 15 años en el año 2010, nueve años después de la prohibición del plomo en las gasolinas.

Esta reducción ya se había percibido en otros estudios realizados también en la Comunidad de Madrid que lo cifraban en 1,7 µg/dL<sup>21</sup> en niños recién nacidos. Otros estudios llevados a cabo entre el 2003 y el 2008, en el marco del proyecto Infancia y Medio Ambiente (INMA), en Asturias, Gipuzkoa, Sabadell y Valencia, también en niños recién nacidos, muestran esa reducción del plomo en la sangre que, expresado en media geométrica, la cifran en 1,05 µg/dL en Asturias, 1,08 en Gipuzkoa, 1,02 en Sabadell, 1,07 en Valencia y una media de todos los niños estudiados de 1,06 µg/dL<sup>22</sup>. Más recientemente, otro estudio del mismo grupo INMA, confirma estas reducciones<sup>23</sup>.

Una de las causas que quizá más ha contribuido a esta disminución ha sido la prohibición del uso del plomo como aditivo de las gasolinas, que en España se adoptó a través del Real Decreto 785/2001, de 6 de Julio<sup>19</sup>. Esta medida se tradujo en una reducción de más de 300 000 kg/año de emisión de plomo a la atmósfera en la Comunidad de Madrid.

La Unión Europea cuantificó la reducción de los niveles de plomo en sangre de los niños europeos para el periodo 1978-1988 en un abanico que se encontraba entre el 25 % y el 45 %; sin embargo aducía que este descenso no se debería sólo imputar a los cambios de composición de las gasolinas. Durante el mismo periodo de tiempo se sustituyó la antigua tecnología que utilizaba el plomo para las soldaduras de las latas

por otros métodos que disminuyeron la probabilidad de que el plomo se lixiviasse en su contenido<sup>24</sup>. En la Tabla 4 se puede ver la evolución que se ha producido en algunos países como consecuencia de la reducción de la concentración o la prohibición del plomo en las gasolinas<sup>14,16,17,18,22,24,25</sup>.

El plomo en sangre tiene relación directa con variables socioeconómicas como el nivel de renta y el hábito tabáquico de los padres, concordantes con los resultados obtenidos en este estudio<sup>26-28</sup>. La aproximación a estas variables ha sido realizada de forma indirecta preguntando a los padres sobre su nivel de estudios y su situación laboral.

Esa misma relación directa ocurre con el hecho de que alguno de los padres tenga aficiones vinculadas al uso de plomo. Si bien, no se ha detallado esta pregunta, las aficiones tienen que ver con el uso de pinturas de miniaturas, el tiro y la pesca en sus diferentes modalidades, etc. Aunque el número de padres que refieren tener estas aficiones es muy escaso (en cuatro casos), los niños de estos padres tienen niveles de plomo en sangre más altas (2,1 µg/dL) y de forma estadísticamente significativa. Si bien, hay que tomar con mucha cautela este hallazgo, la literatura científica avala esta relación<sup>1</sup>.

El plomo se encuentra en el tabaco y también en el humo del tabaco que se expele. Los estudios llevados a cabo refieren una mayor concentración de plomo en sangre en las personas fumadoras, pero también en los fumadores pasivos. Los niños serían fumadores pasivos o de "segunda mano", y por ello, los niveles de plomo en sangre serían mayores en aquellos que viven en ambientes donde se fuma<sup>29</sup>.

El análisis multivariante ha ajustado un modelo lineal que incorpora tres variables explicativas: tabaco del padre, estudio de los padres y agua de bebida, todas con ellas con una gran plausibilidad biológica. La exposición

al humo de “segunda mano” podría explicar parte de los niveles de plomo en la sangre de los niños de padres fumadores, especialmente después de la prohibición del uso del plomo en las gasolinas<sup>29</sup>.

Los estudios de los padres actuarían como elemento protector: a mayor nivel de estudios de los padres, menores son los niveles de plomo en sangre que

presentan sus hijos. La variable estudios de los padres, como ya se ha indicado más arriba, es un indicador socioeconómico. Ya se ha señalado a las variables socioeconómicas como variables predictoras de los niveles de plomo de los niños, en el sentido de que a menor nivel socioeconómico, mayores serían las concentraciones de plomo en la sangre<sup>26-28</sup>.

Tabla 4. Evolución de los niveles de plomo en sangre en niños y recién nacidos en relación a la reducción o prohibición del plomo en las gasolinas

Pais/Comunidad	Año de prohibición del plomo en la gasolina	Año del estudio	N	Edad de los niños (años)	Técnica analítica	Límite detección (µg/dL)	Media geométrica (µg/dL) (DE*)	Media aritmética (µg/dL)	Estudio
USA <sup>18</sup>	1996	1976-80	2376	1-5	AAS** ICP-MS***	1,5	15 (1,5)	16,0 (6,7)	Estudio NHANES II y III
		1988-91	2232			1,0	3,6 (0,4)		
		1991-94	2392			1,0	2,7 (0,3)		
		1999-00	723			0,3	2,2 (0,30)		
		2001-02	898			0,3	1,7 (0,17)		
		2003-04	911			0,28	1,7 (0,17)		
		2005-06	968			0,25	1,5 (0,10)		
		2007-08	817			0,2	1,5 (0,15)		
		2009-10	836			0,2	1,2 (0,1)		
Canadá <sup>25</sup>	1999	1978-79	441	6-79	AAS	1,0	4,79		Canada Health Survey
		2007-09	910	6-11	ICP-MS	0,02	0,9 (0,8)	1,02 (0,11)	Human Biomonitoring
		2009-11	961	6-11	ICP-MS	0,1	0,8 (0,6)		
Alemania <sup>24</sup>	1995	1990-92	736	6-14	AAS	1,0	3,2		GerES II: niños alemanes GerES IV: solo niños
		2003-06	1560	3-14	AAS	0,2	1,6 (0,4)	1,82	
Suecia <sup>24</sup>	1995	1978 1994	2441	3-19	AAS	1,0	5,3 niño-6,7 niña 2,3 niño-2,7 niña		Estudio poblacional
		1995-01	674	7-11	ICP-MS	0,1	2,1		Estudio poblacional
		2000-06	531	7-11	ICP-MS	0,1	1,4		Estudio poblacional
Francia <sup>24</sup>	2000	1995-96	3441	1-6	AAS	1	3,7	4,2	Encuesta Nacional
		2002-04	446	0,5-6	AAS	0,2	2,4		Estudio hospitalario
España	2001								
Comunidad Madrid <sup>16,17</sup>		1995	134	6-11	AAS	0,2	3,8 (0,2)		Estudio poblacional colegios
		1995	515	7-8	AAS	1,0	3,8 (0,2)	4,1 (1,6)	Estudio poblacional colegios
		2010	85	recién nacidos-15	AAS	0,2	0,9 (1,1)	1,1 (0,7)	Estudio hospitalario
País Vasco <sup>22</sup>		1992	138	2-3	AAS	ND	5,7 (1,0)		E. poblacional: A. Primaria
		2004-08		recién nacidos	AAS	2,5	1,08	1,14 (0,5)	Estudio hospitalario
Asturias <sup>22</sup>		1991	1242	recién nacidos-14		ND <sup>§</sup>	22,11 (7,3)		
		2004-08		recién nacidos	AAS	2,5	1,05	1,12 (1,06)	Estudio hospitalario
Cataluña <sup>22</sup>		1993-94	120	recién nacidos	AAS	ND	3,9		Estudio hospitalario
		1993	1158	recién nacidos-15	AAS	ND	4,6 (0,83)		Estudio hospitalario
		2004-08		recién nacidos	AAS	2,5	1,02	1,04 (0,26)	Estudio hospitalario

Fuente: Elaboración propia; \* DE = Desviación estándar; \*\*Espectrometría de Absorción Atómica (a partir de 1991 con ICP-MS); \*\*\* Espectrometría de masas con plasma acoplado por inducción.

§ ND= No Disponible

Por último, el agua de bebida, y más en concreto el agua del grifo, podría llegar a explicar parte de los actuales niveles de plomo en sangre que soportan los niños ajenos ya a la influencia directa del plomo atmosférico debido al tráfico rodado<sup>30</sup>. La presencia de plomo en el agua de bebida a través de las conducciones se debe a la disolución de este metal, bien de la propia conducción, bien de las soldaduras o incluso de las conducciones de PVC que también contienen pequeñas cantidades de plomo<sup>1</sup>.

De las limitaciones que se podrían plantear en este estudio estarían las derivadas de los estudios transversales que tienen importantes inconvenientes para el análisis de la relación causa-efecto del plomo a muy bajos niveles<sup>31</sup>. Otra limitación tiene que ver con el reclutamiento llevado a cabo en el ámbito hospitalario, que le resta representatividad. Incluso se podría pensar que al ser niños que van a consulta podrían tener mayor probabilidad de presentar una enfermedad asociada al plomo. No obstante, este sesgo probablemente estaría provocando una plumbemia media mayor de la que realmente tienen los niños en el año 2010, por lo cual estaría infraestimado el nivel de plumbemia. La selección de los niños forma parte de un estudio más amplio de elementos traza. Por último, otra limitación del estudio podría ser el no haber considerado fuentes de potencial incorporación de plomo como la ingesta de alimentos, la exposición derivada del suelo y el polvo de las casas, especialmente significativo en los niños más pequeños.

Como conclusión se puede decir que los niveles de plomo en la sangre de los niños de la Comunidad de Madrid se han reducido desde que se prohibió el plomo en las gasolineras, pero siguen existiendo factores de riesgo asociados a esas concentraciones, uno de los cuales bien podría ser el agua de consumo público.

## AGRADECIMIENTOS

A los niños y sus padres que aceptaron participar en este estudio que llevamos a cabo en el año 2010.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Lead (Update). Atlanta, Ga. US Dept of Health and Human Services, Atlanta, 2008. (Consultado el 12/12/2012). [Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=96&tid=22>].
- Rosner D, Markowitz G. A "Gift of God"?. The public health controversy over leaded gasoline during the 1920's. *Am J Public Health*. 1985;75(4):344-52.
- Major RH. *Classic descriptions of disease*. Thomas, 3<sup>rd</sup> edition. Illinois (USA), 1945.
- McMichael AJ, Baghurst PA, Robertson EF, et al. The Port Pirie cohort study: blood lead concentrations in early childhood *Med J Aust*. 1985; 43;91:301-7.
- Needelman HL, Schell A, Bellinger D, et al. The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood: an 11-year follow-up report. *N Engl J Med*. 1990;322:83-8.
- Landrigan PJ Toxicity of lead at low dose *Br J Ind Med*. 1989;46(9):593-6.
- Bellinger D Neuropsychologic function in children exposed to environmental lead. *Epidemiology* 1995;6(2):101-2.
- Centers for Disease Control and Prevention. Preventing lead poisoning in young children. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, CDC; 2005. (Consultado el 15/07/2013). [Disponible en <http://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/prevleadpoisoning.pdf>].
- Centers for Diseases Control and Prevention. Managing elevated BLLs among young children: Recommendations from the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, CDC; 2002. (Consultado en 15/07/2013). [Disponible en [www.cdc.gov/nceh/lead/CaseManagement/casManagement\\_main.htm](http://www.cdc.gov/nceh/lead/CaseManagement/casManagement_main.htm)].
- American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health Lead Exposure in children: prevention, detection, and management *Pediatrics*. 2005;116:1036-46.
- Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention Report of the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention. (Consultado el 20/10/2013). [Disponible en [http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final\\_document\\_010412.pdf](http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_010412.pdf)].
- Center for Diseases Control and Prevention. CDC Response to Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention Recommendations in "Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call of Primary Prevention" Centers for Disease Control and Prevention. (Consultado el 20/12/2012). [Disponible en [http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/cdc\\_response\\_lead\\_exposure\\_recs.pdf](http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/cdc_response_lead_exposure_recs.pdf)].
- Mannino DM, Homa DM, Matte T, et al. Active and passive smoking and blood lead levels in U.S. adults: data from the Third National Health Examination Survey. *Nicotine Tob Res*. 2005;7(4):557-64.
- Ordóñez-Iriarte JM, Aparicio-Madre MI. Relación entre el tráfico en los domicilios habituales y los niveles de plomo en sangre en madres en el momento del parto en la ciudad de Madrid. *Gac Sanit*. 1996;10 Supl 2:75.
- Berny PJ, Côté LM, Buck WB. Relationship between soil lead, dust lead and blood lead concentrations in pets and their owners: evaluation of soil lead threshold values. *Environ Res*. 1994;67(1):84-97.
- Ordóñez Iriarte JM, Aparicio Madre MI, Aránguez Ruiz E et al. Factores determinantes de plomo en sangre en niños de la

- Comunidad de Madrid. *Acta Pediatr Esp.* 2009;67(4):173-81.
17. González Estecha M, Martínez-Novillo González M, Romero Martín M et al. Relación del plomo en sangre con el cociente intelectual y nivel de maduración en escolares. En Fundación Mapfre ¿Es el plomo un problema de salud pública en España?. Editorial Mapfre SA. Madrid, 1998.
18. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Updated Tables, September 2013. (Consultado el 5/09/2013). [Disponible en <http://www.cdc.gov/exposurereport/>]
19. Real Decreto 785/2001, de 6 de Julio, por el que se adelanta la prohibición de comercialización de las gasolinas con plomo y se establecen las especificaciones de las gasolinas que sustituirán a aquellas. BOE número 162, de 7 de julio de 2001.
20. Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, del 13 de diciembre. B. O. E., nº 298 de 14/12/99.
21. Pérez-Gómez B, Pollán M, Fernández M, et al. Metales pesados en sangre de cordón umbilical en dos áreas sanitarias de la Comunidad de Madrid. *Gac Sanit* 2005;19(Supl1):3-140.
22. Llop S, Aguinagalde X, Vioque J, et al. Prenatal exposure to lead in Spain: Cord blood levels and associated factors. *Sci Total Environ.* 2011;409:2298-305.
23. Llop S, Porta M, Martínez MD, et al. Estudio de la evolución de la exposición a plomo en la población infantil española en los últimos 20 años. ¿Un ejemplo no reconocido de "salud en todas las políticas"? *Gac Sanit.* 2013; 27:140-55.
24. Environmental Health Information System (EHIS). Evaluation of the indicators. (Consultado el 12/08/2013). [Disponible en [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/97050/4.5.-Levels-of-lead-in-childrens-blood-EDITING\\_layouted.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/97050/4.5.-Levels-of-lead-in-childrens-blood-EDITING_layouted.pdf)].
25. Health Canada. Second Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. Results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 2 (2009-2011), April, 2013. (Consultado el 10/09/2013). [Disponible en <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/index-eng.php>].
26. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health Lead Exposure in children: prevention, detection, and management *Pediatrics* 2005;116:1036-46.
27. Bellinger DC. Lead. *Pediatrics* 2004;113:1016-22.
28. Bernard SM, McGeehin MA. Prevalence of blood lead levels  $\geq 5$   $\mu\text{g}/\text{dL}$  among US children 1 to 5 years of age and socioeconomic and demographic factors associated with blood of lead levels 5 to 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Pediatrics* 2003;112(6):1308-13.
29. Mannino DM, Homa DM, Matte T, et al. Active and passive smoking and blood lead levels in U.S. adults: data from the Third National Health Examination Survey. *Nicotine Tob Res.* 2005;7(4):557-64.
30. Valera J, Cambra K, Onaindía C, et al. Estudio "Cesión de plomo procedente de instalaciones de fontanería en centros escolares de la Comunidad Autónoma del País Vasco". *Gac Sanit* 2010;24(6):460-5.
31. Stone BM, Reynolds CR. Can the National Health and Nutrition Examination Survey III (NHANES III) data help resolve the controversy over low blood lead levels and neuropsychological development in children?. *Arch Clin Neurol.* 2003;18:219-24.