

Original

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»?

Sabrina Llop^{a,b,*}, Miquel Porta^{b,c,d}, Maria Dolores Martinez^e, Xabier Aguinagalde^f, Mariana F. Fernández^{b,g}, Ana Fernández-Somoano^{b,h}, Maribel Casas^{b,c,i}, Martine Vrijheid^{b,c,i}, Mikel Ayerdi^j, Adonina Tardón^{b,h} y Ferran Ballester^{a,b,k}

^a Centro Superior de Investigación en Salud Pública (CSISP), Valencia, España

^b CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España

^c Instituto de Investigación del Hospital del Mar – IMIM, Barcelona, España

^d Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España

^e Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Gobierno Vasco, Donostia, España

^f Laboratorio de Salud Pública de Álava, Vitoria-Gasteiz, España

^g Centro de Investigación Biomédica, Universidad de Granada, Hospital Universitario San Cecilio, Granada, España

^h Área de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Oviedo, Oviedo (Asturias), España

ⁱ Centre for Research in Environmental Epidemiology (CREAL), Barcelona, España

^j Subdirección de Salud Pública de Gipuzkoa, Gobierno Vasco, Donostia, España

^k Facultad de Enfermería, Universidad de Valencia, Valencia, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 16 de noviembre de 2011

Aceptado el 31 de enero de 2012

On-line el 12 de abril de 2012

Palabras clave:

Plomo

Exposición a riesgos ambientales

Salud del niño

Intoxicación del sistema nervioso por plomo en la infancia

Medio ambiente y salud pública

España

España

R E S U M E N

Objetivo: Describir la evolución temporal de las concentraciones de plomo en el aire en España, desde antes de su prohibición como aditivo de la gasolina hasta la actualidad, así como estudiar la evolución de la carga corporal de plomo en la población infantil española.

Métodos: Se obtuvieron las concentraciones medias anuales de plomo en el aire en diversas ciudades españolas, desde la década de 1980 hasta la actualidad. Se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de identificar estudios publicados sobre concentraciones de plomo en la población infantil española.

Resultados: En general se observó una disminución de las concentraciones de plomo, de mayor magnitud entre 1991 y 1999. Esta evolución decreciente se asocia con una disminución de las concentraciones de plomo en la población infantil española, desde 1989 (año en que se publica el primer estudio sobre exposición infantil al plomo) hasta hoy. La disminución, tanto en el aire como en la población infantil, es muy probable que sea consecuencia de las medidas legislativas que han regulado la cantidad máxima de plomo en la gasolina, desde 1987 hasta su prohibición total en agosto de 2001.

Conclusiones: Desde el punto de vista de la salud pública, la prohibición del uso de gasolina con plomo fue una acción que aumentó la protección de la salud de la población española.

© 2011 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Trend in lead exposure in the Spanish child population in the last 20 years. An unrecognized example of health in all policies?

A B S T R A C T

Objective: To describe the time trend in atmospheric lead concentrations in Spain, from before lead was banned as a gasoline additive to the present, and to determine the trend in lead body burden in the Spanish child population.

Methods: We obtained the annual average for atmospheric lead levels in several Spanish cities from the 1980s to the present. A literature search was conducted to identify published studies on lead concentrations in populations of Spanish children.

Results: Overall, atmospheric lead levels decreased, particularly between 1991 and 1999. This downward trend was related to a decrease in lead concentrations in Spanish children from 1989, the year in which the first study of childhood lead exposure was published, until the present. The decreased concentrations in both air and in children was most probably a result of legislative measures regulating the maximum amount of lead in gasoline in 1987 until a complete ban in August 2001.

Conclusions: From a public health point of view, the banning of leaded gasoline has significantly increased health protection in the Spanish population.

© 2011 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Lead

Environmental exposure

Child health

Lead poisoning

Nervous system

Childhood

Environment and public health

Spain

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: llop_sab@gva.es (S. Llop).

Introducción

El plomo es un metal pesado que aparece de manera natural en la corteza terrestre. Sin embargo, fue su uso antropológico el que hizo que las concentraciones de plomo aumentaran de manera considerable en el medio ambiente. El mayor incremento se produjo entre los años 1950 y 2000, como consecuencia de su uso intensivo como aditivo de la gasolina, aunque hay otras fuentes menos importantes, como la minería, ciertas industrias o la combustión de carbón o residuos¹.

Actualmente, las principales vías de exposición al plomo en la población general son la inhalación y la dieta², aunque desde la prohibición del uso de gasolina con plomo la inhalación de aire contaminado es una ruta de exposición menor. De hecho, en Estados Unidos, en los últimos 25 años, la implementación completa de los programas de reducción del plomo en la gasolina ha conducido a una reducción del 80% de las concentraciones de plomo en sangre en la población infantil^{3,4}. Por lo tanto, en la actualidad, la ingestión de plomo con la comida y el agua es la principal vía de exposición en la población general adulta⁵. Sin embargo, las concentraciones de plomo detectadas en recientes estudios españoles son bajas en todos los grupos de alimentos analizados⁶.

El plomo es un potente agente neurotóxico. El feto y el niño, en comparación con los adultos, son más vulnerables a esta exposición, ya que la barrera hematoencefálica que protege al cerebro adulto de la exposición a sustancias tóxicas no está totalmente formada hasta 6 meses después del nacimiento⁷. Además, los niños tienen una mayor tasa de absorción de compuestos tóxicos que los adultos, ya que su ingesta con los alimentos y el agua por kilogramo de peso es mayor, y tienen una menor capacidad para la detoxificación⁸. Al mismo tiempo, ciertos patrones de comportamiento, como llevarse objetos a la boca o gatear, podrían actuar como fuentes adicionales de exposición al plomo⁹.

Algunos países, como Estados Unidos (Centers for Disease Control and Prevention) o Alemania (German Environmental Survey), han establecido programas de monitorización de contaminantes ambientales en la población general, tanto infantil como adulta, que permiten estudiar las tendencias temporales de la carga corporal de ciertos contaminantes, como por ejemplo el plomo¹⁰. En

España, sin embargo, solo se han realizado de manera dispersa algunos estudios, por lo que la literatura sobre la exposición prenatal e infantil al plomo es escasa, tanto antes como después de la prohibición de la gasolina con plomo. Tampoco hay estudios con muestras representativas sobre la evolución de las concentraciones de este contaminante en la población española. Estas carencias de investigación estarían contribuyendo a mantener invisibles diversos efectos beneficiosos de las políticas públicas y privadas que, de forma más o menos deliberada, han ayudado realmente a disminuir la contaminación por plomo de la población infantil española.

El objetivo de este estudio es describir la evolución temporal de las concentraciones de plomo en el aire desde los años 1990 hasta la actualidad, así como estudiar la evolución de la carga corporal de plomo en la población infantil española.

Métodos

Se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de identificar todos aquellos estudios que presentaran cifras de plomo en la población infantil española (desde recién nacidos hasta los 16 años de edad). La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos MEDLINE, Web of Knowledge e Índice Médico Español (IME) sin fijar un límite temporal, y se concluyó el 24 de junio de 2011. Los términos utilizados fueron *Lead Poisoning* [MeSH], *Childhood* [MeSH], *Infant*, *Newborn* [MeSH], *Fetal Blood* [MeSH] y *Spain* [MeSH], y se seleccionaron los artículos escritos en español y en inglés. Con la información obtenida se calcularon la media y los intervalos de confianza del 95% (IC95%) de las concentraciones de plomo halladas en los diferentes estudios para tres periodos: 1989-1991, 1992-2001, 2002-2008. Estas medias se ponderaron por el tamaño muestral del estudio. Se seleccionaron aquellos estudios en que la medición de plomo se realizaba en la misma matriz biológica (sangre).

La información sobre las concentraciones de plomo en el aire fue proporcionada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y por el gobierno autonómico de Asturias (Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras). Se obtuvieron los valores medios anuales de plomo en el aire medidos en diversas localidades españolas: Madrid, Gijón, Sabadell, Barcelona, Tarragona, Valencia y Bilbao. Se seleccionaron aquellas donde

Tabla 1
Captadores de la red de vigilancia utilizados para construir la serie de concentraciones de plomo calculando la media geométrica de los valores anuales medidos en los captadores de cada localidad

Localidad	Nombre de la estación	Código de la estación	Periodo	Tipo de estación	Tipo de área
Madrid	Paseo de Recoletos	ES0113A	1986-1998	Tráfico	Urbana
	Glorieta de Quevedo	ES0142A	1986-1998	Tráfico	Urbana
	Escuelas de Aguirre	ES0118A	1992-1998/2008-2009	Tráfico	Urbana
	Luca de Tena	ES0119A	1986-1998	Tráfico	Urbana
Sabadell	Gran Vía	ES1262A	1992-2004	Tráfico	Urbana
Barcelona	Plaza Universidad	ES0559A	1998-2005/2007-2010	Tráfico	Urbana
	Barcelona	ES1396A	1998-2005/2007-2010	Tráfico	Urbana
	Gracia-Sant Gervasi	ES1480A	1998-1999/2001-2005/2007-2010	Tráfico	Urbana
	Zona universitaria	ES0567A	1998-2005/2007-2010	Fondo	Urbana
Tarragona	Nucli urbà	ES1119A	1991-2001/2003	Tráfico	Urbana
	Constantí	ES1123A	2005-2010	Industrial	Suburbana
	Reus	ES1208A	2005-2010	Tráfico	Suburbana
	Darp	ES1506A	2005-2010	Fondo	Urbana
Valencia	Vila-Seca	ES1117A	2005-2010	Industrial	Suburbana
	Quart de Poblet	ES1181A	1996-2004	Tráfico	Urbana
	Pista de Silla	ES1239A	1997-2001/2003	Tráfico	Urbana
	Nuevo Centro	ES1240A	1997-2001/2003	Tráfico	Urbana
	Plaza España	ES1238A	1997-2001/2003	Tráfico	Urbana
	Burjassot-Facultats	ES1625A	2006-2010	Tráfico	Urbana
	Paterna-CEAM	ES1826A	2006-2010	Fondo	Suburbana
Vivers	ES1619A	2006-2010	Fondo	Urbana	
Bilbao	Dirección de salud	ES0041A	1993-2002/2006-2009	Tráfico	Urbana
	Gijón	Avda. Constitución	33024025	1996-2007	Tráfico
Gijón	Avda. Argentina	33024024	1996-2007	Tráfico	Urbana
	Avda. Hnos. Felgueroso	33024023	1996-2003	Tráfico	Urbana
	Avda. Castilla	33024027	1996-2003	Tráfico	Urbana

se hubiera realizado algún estudio sobre las concentraciones de plomo en la población infantil y se calcularon las medias geométricas de los valores anuales medidos en diferentes estaciones. En la [tabla 1](#) se detallan las estaciones utilizadas para el cálculo de estos valores anuales, así como el periodo de medida y el tipo de área. Del informe *Estado y Evolución del Medio Ambiente* de 2006 realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino¹¹ se obtuvo la media anual de las concentraciones de plomo en las zonas urbanas para todo el estado español, desde 1995 hasta 2005, y para tres tipos de estación: fondo, tráfico e industrial. Se han representado las concentraciones de plomo estatales y por municipio en diagramas de series temporales.

Resultados

En la [figura 1](#) se observa la evolución de las concentraciones de plomo en el aire en Madrid, Gijón, Sabadell, Barcelona, Tarragona, Valencia y Bilbao; también se muestran los diferentes Reales Decretos (RD) que han regulado la cantidad de plomo en la gasolina en España, desde 1987 hasta 2010. En general se observa una disminución de las concentraciones de plomo en el aire, que es bien clara entre los años 1991 y 1999, tras la promulgación del RD 1513/1988 que limitaba a 0,15 g/l los valores máximos de plomo en la gasolina a partir de 1991. Entre los años 1999 y 2001 este límite pasó a ser de 0,005 g/l, con el RD 1728/1999.

En 2001, cuando se prohibió la venta de gasolina con plomo en España (RD 785/2001), las concentraciones de plomo en el aire ya eran bajas; de hecho, habían descendido una media del 63% entre 1992 y 2001. A partir del año 2001, solo en dos municipios se observó un ligero aumento de las cifras de plomo: en Gijón aumentaron de una media de 0,047 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 0,074 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre los años 2004 y 2005, y en Tarragona pasaron de una media de 0,040 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 0,066 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 2001 y 2003.

En la [figura 2](#) se muestra la estimación de la evolución de los valores medios de plomo en el aire para toda España, medidos en zonas urbanas de diferentes comunidades autónomas entre 1995 y 2005. Las estaciones de fondo y de tráfico registraron una evolución de las concentraciones de plomo en el aire bastante similar, aunque siempre con cifras ligeramente más altas en las estaciones situadas en zonas donde la fuente predominante de plomo era el tráfico. Las estaciones de zonas industriales registraron dos aumentos de las concentraciones, uno durante 1996-1998 y otro entre 2000 y 2001. A partir de la prohibición de la venta de gasolina con plomo, en agosto de 2001, los valores han seguido una tendencia decreciente.

En la búsqueda bibliográfica se identificaron 16 estudios sobre exposición a plomo en la población infantil española ([tabla 2](#))¹²⁻²⁷. De ellos, diez determinaron las concentraciones en muestras de sangre, pelo o diente en niños de 0 a 15 años de edad, cinco midieron el plomo en muestras de sangre de cordón y uno en muestras de placenta. Los dos primeros estudios registrados se realizaron en Asturias, uno en una zona rural¹² y otro en una muestra representativa de la región²². Las muestras se tomaron durante los años 1989 y 1991, respectivamente, momento en que el RD1485/1987 limitaba la cantidad de plomo en la gasolina a 0,4 g/l. Las concentraciones de plomo encontradas en los niños fueron de 14,40 y 22,11 $\mu\text{g}/\text{dl}$, respectivamente. En un estudio posterior (1992) llevado a cabo en Bilbao se tomaron muestras de sangre a niños de 2-3 años de edad¹³. Las concentraciones de plomo halladas (media geométrica: 5,64 $\mu\text{g}/\text{dl}$) fueron bastante menores que las descritas en los estudios asturianos. En dos estudios realizados en Tarragona se analizó la evolución de las concentraciones de plomo en sangre de la población infantil, desde los años 1990 hasta 2007, y ambos observaron una tendencia decreciente^{16,23}.

En cuanto a la exposición prenatal al plomo, se han identificado dos estudios anteriores a la prohibición de la gasolina con plomo y

dos posteriores. Los dos primeros midieron el plomo en muestras de sangre de cordón de recién nacidos de Reus²⁴ y Barcelona²⁶. Las concentraciones de plomo halladas fueron similares en ambos estudios (3,94 y 4,06 $\mu\text{g}/\text{dl}$). De los dos estudios realizados tras la aplicación del RD 785/2001, que prohibía la venta de gasolina con plomo, el primero fue el estudio transversal BioMadrid, que analizó las concentraciones de plomo en sangre de recién nacidos y sus padres residentes en la región de Madrid (n = 110)²⁰, y el segundo fue llevado a cabo por el Proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente, <http://www.proyectoinma.org/>), un estudio de cohortes prospectivo que investiga las concentraciones de contaminantes ambientales y sus efectos en recién nacidos de diferentes áreas españolas. El proyecto ha analizado la exposición al plomo, medido en sangre de cordón, de recién nacidos (n = 1460) de cuatro zonas: Valencia, Asturias, Sabadell y Gipuzkoa¹⁹. Las concentraciones de plomo encontradas en ambos trabajos fueron bajas (percentil 75: 1,91 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y media: 1,1 $\mu\text{g}/\text{dl}$, respectivamente).

Las medias (y sus intervalos de confianza del 95% [IC95%]) de las concentraciones de plomo en sangre observadas en la población infantil española (medidas en $\mu\text{g}/\text{dl}$) durante los periodos 1989-1991, 1992-2001 y 2002-2008 fueron 21,79 (IC95%: 7,80-35,78), 4,20 (IC95%: 2,24-6,16) y 1,12 (IC95%: 0,00-3,08), respectivamente. Se observaron diferencias con significación estadística entre las medias correspondientes a cada periodo (test Kruskal Wallis, p = 0,036). Las concentraciones de plomo han seguido una clara tendencia decreciente, con una reducción del 80% entre el primero y el segundo periodos, y del 73% entre el segundo y el tercero.

Discusión

La información analizada permite confirmar una tendencia decreciente en la evolución de las concentraciones de plomo en el aire, en los últimos 20 años, en las ciudades de Madrid, Gijón, Sabadell, Barcelona, Tarragona, Valencia y Bilbao, así como en la media estatal. Esta evolución decreciente se asocia con una disminución de las concentraciones de plomo en la población infantil española, desde 1989 (año al que corresponden los primeros resultados publicados) hasta la actualidad. La disminución de los valores, tanto en el aire como en la población, muy probablemente es consecuencia de las medidas legislativas que ha regulado la cantidad máxima de plomo en la gasolina, desde 1987 hasta su prohibición total en 2001.

En otros países también se ha observado una tendencia decreciente de las concentraciones de plomo en la población infantil. En Suecia, por ejemplo, se midió anualmente el plomo en sangre en una muestra de niños entre 7 y 12 años de edad en dos localidades, entre 1978 y 2007. La tasa de disminución anual del plomo en sangre fue del 5%, tanto antes como después de la prohibición de la venta de gasolina con plomo en 1994. Las medias de los valores de plomo en sangre pasaron de 6 $\mu\text{g}/\text{dl}$ en 1978 a 1,5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ en 2007²⁸. En Uruguay también se observó un importante descenso del plomo en sangre en la población infantil entre 1994 (media 9,6 $\mu\text{g}/\text{dl}$) y 2004 (media 5,7 $\mu\text{g}/\text{dl}$), año en que prohibieron la gasolina con plomo²⁹. En aquellos países donde hay programas de biomonitorización de compuestos tóxicos, como Estados Unidos y Alemania, se ha evidenciado una tendencia decreciente de las concentraciones de plomo en la población general^{3,4}. Se ha estimado que el descenso de las concentraciones de plomo en la población infantil supone una ganancia económica anual para el país de 110 a 319 mil millones de dólares³⁰, pero esta estimación no contempla otros beneficios producidos por la disminución de la contaminación por plomo (p. ej. en convivencia, bienestar y desarrollo humano).

El programa de biomonitorización de contaminantes ambientales de Alemania (German Environmental Survey)³¹ incluyó en su último informe sobre exposición a contaminantes ambientales

Tabla 2
Estudios españoles sobre las concentraciones de plomo en población infantil y recién nacidos

Estudio	Localización	Año de toma de la muestra	Población	N	Matriz	Media (DT)	Técnica utilizada para el análisis del plomo
Cabeza et al., 1991 ¹²	Tineo (Asturias)	1989	Niños (2-14 años)	54	Sangre	14,40 (0,40) µg/dl	EEA (método Delves)
Rivas et al., 1993 ²²	Asturias	1991	Niños (0-14 años)	1242	Sangre	22,11(7,29) µg/dl	EEA (método Delves)
Gil et al., 1994 ¹⁸	La Coruña	ND	Niños y adolescentes (<18 años)	124	Diente	5,64 (1,09) µg/g	EEA
Cambra et al., 1995 ¹³	Bilbao	1992	Niños (2-3 años)	138	Sangre	5,70 µg/dl ^a	EEA (con horno de grafito)
Redondo et al., 1995 ²¹	Valladolid	1989-1992	Niños con deficiencia en hierro (6 meses-14 años)	25	Sangre	14,25 (9,10) µg/dl (etnia gitana)	EEA (con horno de grafito)
				64		7,52 (4,50) µg/dl (etnia caucásica)	
			Niños sin deficiencia en hierro (6 meses-14 años)	11		10,23 (2,90) µg/dl (etnia gitana)	
				30		5,65 (1,70) µg/dl (etnia caucásica)	
Schuhmacher et al., 1996 ²⁴	Reus	1993-1994	Recién nacidos	120	Sangre cordón	3,94 µg/dl ^a	EEA (con horno de grafito)
Schuhmacher et al., 1996 ²³	Tarragona provincia	1990	Niños (6-15 años)	239	Pelo	8,80 µg/g	EEA (con horno de grafito)
		1995		252		4,10 µg/g	
Torra et al., 1997 ²⁶	Barcelona	1995	Recién nacidos	45	Sangre cordón	4,06 (1,40) µg/dl	EEA
Vázquez et al., 1998 ²⁷	Área metropolitana de Madrid	1994-1995	Niños (7-8 años)	205	Sangre	3,90 (1,69) µg/dl	EEA (con horno de grafito)
Solé et al., 1998 ²⁵	Barcelona	1993	Niños (0-15 años)	1158	Sangre	4,56 (0,83) µg/dl	EEA (con horno de grafito)
García-Algar et al., 2003 ¹⁷	Barcelona	2000	Niños (1-5 años)	57	Sangre	5,54 (2,30) µg/dl	EEA
Falcón et al., 2003 ¹⁴	Murcia	ND	Embarazadas	89	Placenta	113,40 (58,00) ng/g	EEA (con horno de grafito)
Fernández de León et al., 2004 ¹⁵	Badajoz	ND	Recién nacidos	22	Sangre cordón	8,10 µg/dl fumadoras	EEA
				51		4,63 µg/dl no fumadoras	
Ferré-Huguet et al., 2009 ¹⁶	Tarragona	1998	Niños (12-14 años)	96	Pelo	9,10 (21,40) µg/g	ICP-MS
				144	Sangre	0,02 (0,02) µg/dl	
		2002		96	Pelo	0,86 (2,02) µg/g	
				144	Sangre	0,03 (0,02) µg/dl	
		2007		96	Pelo	0,58 (0,68) µg/g	
				144	Sangre	2,40 (2,40) µg/dl	
Lope et al., 2010 ²⁰	Madrid	2003-2004	Recién nacidos	110	Sangre cordón	75% <1,91 µg/dl	EEA (con horno de grafito)
Llop et al., 2011 ¹⁹	Valencia, Sabadell, Gipuzkoa, Asturias	2004-2008	Recién nacidos	1466	Sangre cordón	1,10 (0,60) (94% <2,00 µg/dl)	EEA (con horno de grafito)

EEA: espectrofotometría de absorción atómica; ICP-MS: espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente; ND: no disponible; DT: desviación típica.

^a Media geométrica.

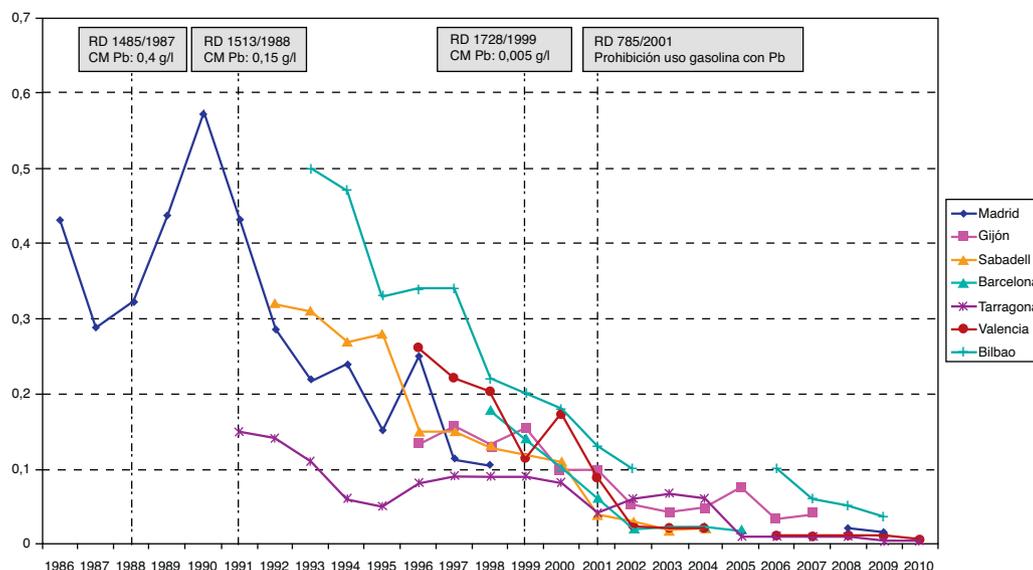


Figura 1. Evolución de las concentraciones de plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el aire en diferentes ciudades españolas, desde 1986 hasta 2010, y Reales Decretos que han regulado los valores máximos de plomo en la gasolina.

RD: Real Decreto; CM: cantidad máxima de plomo en la gasolina.

En los años 2003-2004 hubo un cambio en la matriz de medición del plomo atmosférico, pasando de partículas en suspensión totales (PST) a partículas con diámetro inferior a 10 micras (PM10). La información sobre las concentraciones de plomo en el aire en Madrid, Sabadell, Barcelona, Tarragona, Valencia y Bilbao fue facilitada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. La información sobre las concentraciones de plomo en el aire en la ciudad de Gijón fue facilitada por la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras.

en población general datos sobre las concentraciones de plomo en sangre en una muestra de 1500 menores de 3 a 14 años de edad. Las muestras se tomaron durante 2003-2004, con posterioridad a la prohibición de la gasolina con plomo. La media geométrica de las concentraciones observadas fue de $1,63 \mu\text{g}/\text{dl}$.

En España no hay un programa de biomonitorización de contaminantes ambientales en la población general. Respecto a las concentraciones de plomo en la población infantil, aunque se han realizado diversos estudios de calidad, son de difícil comparación debido, principalmente, a diferencias en las zonas de estudio, en la edad de la población y en el tipo de muestra (sangre de cordón, sangre venosa, pelo, placenta). Solo dos estudios españoles

permiten analizar la tendencia temporal de las concentraciones de plomo en una población y área de estudio concretos (provincia de Tarragona)^{16,23}. El método analítico utilizado en los estudios también varía. En los más antiguos se utilizó espectrofotometría de absorción atómica (EAA) con método Delves, más impreciso que con horno de grafito, aunque ambas técnicas son aceptadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para medir el plomo en sangre³².

No se ha identificado un valor umbral por debajo del cual no se hayan descrito efectos adversos en el desarrollo cognitivo debido a la exposición prenatal a plomo. De hecho, el valor establecido como «seguro» por la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{dl}$) está en debate, pues se han

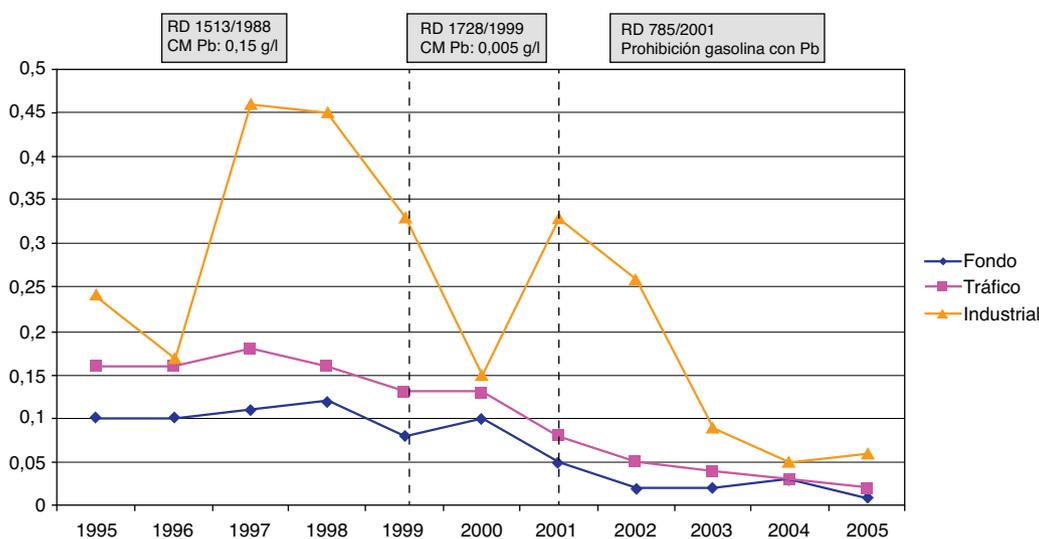


Figura 2. Evolución de los valores medios de plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según el tipo de localización de las estaciones en zonas urbanas españolas (1995-2005).

RD: Real Decreto; CM: cantidad máxima de plomo en la gasolina.

En los años 2003-2004 hubo un cambio en la matriz de medición del plomo atmosférico, pasando de partículas en suspensión totales (PST) a partículas con diámetro inferior a 10 micras (PM10). Las concentraciones medias de plomo se extrajeron del informe *Estado y Evolución del Medio Ambiente* de 2006, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

identificado efectos adversos en el desarrollo cognitivo debidos a exposiciones por debajo de ese valor. El conocimiento científico más reciente destaca la importancia de la monitorización de las concentraciones de plomo prenatales y durante la infancia, habida cuenta de la posible relación entre valores de plomo por debajo de 10 µg/dl y efectos neurológicos^{33,34}.

La información disponible sobre las concentraciones de plomo en el aire en España es bastante limitada. En diversas ciudades españolas hay o ha habido estaciones de medición del plomo atmosférico; sin embargo, las mediciones no han tenido la continuidad necesaria y el estudio de la evolución a lo largo de los últimos 30 años presenta lagunas e incertidumbres relevantes desde todos los puntos de vista (ambiental, clínico, político y científico). Estas carencias nos han obligado a elaborar indicadores con las mediciones procedentes de un número limitado de estaciones, en algunos casos situadas en diferentes tipos de zona (urbana, suburbana) o donde la fuente principal de plomo era diferente (industria, fondo, tráfico). Otra limitación ha sido la escasa comparabilidad entre los estudios publicados sobre la exposición infantil al plomo en España, sobre todo durante los periodos 1989-1991 y 2002-2008. Solo se han encontrado dos estudios, en cada uno de los dos periodos, que analicen las concentraciones de plomo en muestras de sangre de niños o recién nacidos.

Como conclusión, a pesar de las limitaciones metodológicas que presenta nuestro estudio, puede afirmarse que las concentraciones de plomo en la atmósfera han disminuido en los últimos 20 años, en especial como consecuencia de la reducción y la prohibición de su uso como antidetonante de la gasolina. Tras observar los valores del plomo hallados en los estudios españoles realizados tras la prohibición de la gasolina con plomo en agosto de 2001, puede decirse que el grado de contaminación por plomo en la población infantil ha descendido y se sitúa al mismo nivel que en otros países europeos como Alemania, Bélgica³⁵ y Polonia³⁶. Este éxito ha pasado desapercibido por amplios sectores de nuestra sociedad; ponerlo en valor es necesario por diversas razones sanitarias, socio-culturales y políticas. Desde el punto de vista de la salud pública, la prohibición del uso de gasolina con plomo fue una medida

preventiva que ha aumentado la protección de la salud de la población española. Es, por tanto, un ejemplo poco reconocido de «salud en todas las políticas», pues exigió la aplicación de cambios sustanciales en diversas políticas industriales, energéticas y ambientales. El conjunto de los beneficios obtenidos está pendiente de análisis en trabajos especializados.

Contribuciones de autoría

S. Llop y F. Ballester participaron en la planificación y la concepción del estudio. La adquisición de los datos y su análisis los realizaron S. Llop, M.D. Martínez y A. Fernández-Somoano. La interpretación de los resultados fue llevada a cabo por S. Llop, M.D. Martínez, M.F. Fernández y F. Ballester. La preparación del manuscrito estuvo a cargo de S. Llop, M. Porta, M.F. Fernández, A. Fernández-Somoano, M. Cases y F. Ballester. En la aprobación de la versión final participaron todos los autores.

Financiación

Este estudio ha sido financiado por el Instituto de Salud Carlos III (G03/176 y CB06/02/0031), el Fondo de Investigaciones Sanitarias (FIS-FEDER 03/1615, 04/1509, 04/1112, 04/2018, 04/1436, 04/1931, 05/1079, 05/1052, 06/1213, 07/0314, 07/0252, 08/1151, 09/02647, 09/02311), la Conselleria de Sanitat de la Generalitat Valenciana, la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía (PI-0183/2007 y PI-0675/2010), la Generalitat de Catalunya-CIRIT 1999SGR 00241, la Diputación Foral de Guipúzcoa (DFG/004), el Departamento de Sanidad y Consumo del Gobierno Vasco (2005111093), la EU Commission (QLK4-1999-01422, QLK4-2002-00603, NEWGENERIS FP6-2003-Food-3-A-016320 and CONTAMED FP7-ENV-212502) y la Fundación Roger Torné. También ha sido financiado por la encomienda de gestión entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Instituto de Salud Carlos III para la investigación sobre la presencia y la vigilancia de contaminantes orgánicos persistentes y otras sustancias en humanos (BOE 34495 y DOCV 6198).

Conflicto de intereses

Ninguno.

Agradecimientos

A Alberto González Ortiz, Tomàs López, José Pumarega, Marta Dopazo González, M. Antonia Pallares Querol, Alberto Moral González y Montserrat Ana Fernández San Miguel, del Área de Calidad del Aire (Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), por proporcionarnos la información necesaria sobre las concentraciones atmosféricas de plomo. Y a la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Gobierno de Asturias.

Bibliografía

- Agency for Toxic Substances, Disease Registry (ATSDR). Minimal risk levels (MRLs) for hazardous substances. 2007 [consultado 15 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.html>
- World Health Organization. Exposure to lead. En: Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, et al., editores. Comparative quantification of health risks. Geneva: World Health Organization; 2004. p. 1496-542.
- Jones RL, Homa DM, Meyer PA, et al. Trends in blood lead levels and blood lead testing among US children aged 1 to 5 years, 1988-2004. *Pediatrics*. 2009;123:e376-85.
- Pirkle JL, Brody DJ, Gunter EW, et al. The decline in blood lead levels in the United States. The National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES). *JAMA*. 1994;272:284-91.

¿Qué se sabe sobre el tema?

La exposición prenatal e infantil al plomo puede producir efectos adversos en el desarrollo cognitivo, incluso a dosis muy bajas. En países con programas de biomonitorización de contaminantes ambientales se ha constatado una disminución de las cifras de plomo en la población infantil, sobre todo a partir de la prohibición del uso de la gasolina con plomo. En España, la literatura sobre exposición prenatal e infantil al plomo es escasa, y además se desconoce cuál ha sido la evolución de sus concentraciones tanto en el aire como en la población.

¿Qué añade el estudio realizado a la literatura?

Este estudio ha permitido confirmar una tendencia decreciente en las concentraciones atmosféricas de plomo en España en los últimos 20 años. Esta evolución se ha visto reflejada en un consecuente descenso de las concentraciones de plomo en la población infantil española. La disminución de los valores, tanto en el aire como en la población, se relaciona con las medidas legislativas que ha regulado la cantidad máxima de plomo en la gasolina. Desde el punto de vista de la salud pública, la prohibición del uso de gasolina con plomo puede considerarse una medida preventiva efectiva que ha aumentado la protección de la salud de la población española.

5. World Health Organization. Lead. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. Copenhagen: World Health Organization; 2007, 43–72.
6. Martorell I, Perello G, Marti-Cid R, et al. Human exposure to arsenic, cadmium, mercury, and lead from foods in Catalonia, Spain: temporal trend. *Biol Trace Elem Res.* 2011;142:309–22.
7. Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet.* 2006;368:2167–78.
8. Ginsberg G, Hattis D, Sonawane B. Incorporating pharmacokinetic differences between children and adults in assessing children's risks to environmental toxicants. *Toxicology and Applied Pharmacology.* 2004;198:164–83.
9. American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Lead. En: Etzel RA, editor. *Pediatric environmental health.* 2nd ed. Elk Grove Village: American Academy of Pediatrics; 2003. p. 249–66.
10. Porta M, Puigdomènech E, Ballester F, et al. Monitoring concentrations of persistent organic pollutants in the general population: the international experience. *Environ Int.* 2008;34:546–61.
11. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural, Marino. Estado y evolución del medio ambiente. Informe. 2006. Disponible en: <http://www.marm.es/es/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/estadoyevolma06.aspx>
12. Cabeza JM, Espinosa E, Villanueva F, et al. Lead and zinc protoporphyrin in the blood of a rural child population in Asturias, Spain. *Sci Total Environ.* 1991;107:91–8.
13. Cambra K, Alonso E. Blood lead levels in 2- to 3-year-old children in the Greater Bilbao Area (Basque Country, Spain): relation to dust and water lead levels. *Arch Environ Health.* 1995;50:362–6.
14. Falcón M, Viñas P, Luna A. Placental lead and outcome of pregnancy. *Toxicology.* 2003;185:59–66.
15. Fernández de León S, Ambel MP, Sánchez A, et al. Presencia de cadmio y plomo en sangre total, suero y plasma de cordón umbilical de la embarazada y su relación con el hábito fumador. *Prog Obstet Ginecol.* 2004;47:127–34.
16. Ferre-Huguet N, Nadal M, Schuhmacher M, et al. Monitoring metals in blood and hair of the population living near a hazardous waste incinerator: temporal trend. *Biol Trace Elem Res.* 2009;128:191–9.
17. García-Algar O, Elizari Saco MJ, Carne Rovira E, et al. Niveles sanguíneos de plomo en niños de un barrio de Barcelona. *An Pediatr (Barc).* 2003;59:500–2.
18. Gil F, Pérez ML, Facio A, et al. Dental lead levels in the Galician population. *Spain. Science of the Total Environment.* 1994;156:145–50.
19. Llop S, Aguinalde X, Vioque J, et al. Prenatal exposure to lead in Spain: cord blood levels and associated factors. *Sci Total Environ.* 2011;409:2298–305.
20. Lope V, Pollán M, Fernández M, et al. Cytogenetic status in newborns and their parents in Madrid: the BioMadrid study. *Environmental and Molecular Mutagenesis.* 2010;51:267–77.
21. Redondo MJ, Guisasaola FJ. An unknown risk group of lead poisoning: the gypsy children. *Eur J Pediatr.* 1995;154:197–200.
22. Rivas Crespo JA, Rivas Crespo MF, Crespo HM. Epidemiología del saturnismo infantil en Asturias. *An Esp Pediatr.* 1993;38:390–3.
23. Schuhmacher M, Belles M, Rico A, et al. Impact of reduction of lead in gasoline on the blood and hair lead levels in the population of Tarragona Province, Spain, 1990–1995. *Sci Total Environ.* 1996;184:203–9.
24. Schuhmacher M, Hernández M, Domingo JL, et al. A longitudinal study of lead mobilization during pregnancy: concentrations in maternal and umbilical cord blood. *Trace Elements and Electrolytes.* 1996;13:177–81.
25. Sole E, Ballabriga A, Domínguez C. Lead exposure in the general population of the Metropolitan Area of Barcelona: blood levels and related factors. *Sci Total Environ.* 1998;224:19–27.
26. Torra M, Rodamilans M, Montero F, et al. Lead exposure in the Barcelona population: chronological trend between 1984 and 1995. *Med Clin.* 1997;108:601–3.
27. Vázquez García ML, Ordóñez Iriarte JM, Paricio Madre MI. Niveles de plomo en sangre de los niños de la corona metropolitana de Madrid. *Gac Sanit.* 1998;12:216–22.
28. Stromberg U, Lundh T, Skerfving S. Yearly measurements of blood lead in Swedish children since 1978: the declining trend continues in the petrol-lead-free period 1995–2007. *Environ Res.* 2008;107:332–5.
29. Cousillas A, Pereira L, Álvarez C, et al. Comparative study of blood lead levels in Uruguayan children (1994–2004). *Biol Trace Elem Res.* 2008;122:19–25.
30. Grosse SD, Matte TD, Schwartz J, et al. Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environ Health Perspect.* 2002;110:563–9.
31. German Environmental Survey (GerEs). [Internet]. (Actualizado el 4/1/2012; consultado el 4/1/2012.) Disponible en: <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheitsurvey/index.htm>.
32. World Health Organization. Brief guide to analytical methods for measuring lead in blood. 2011. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead_blood.pdf
33. Jedrychowski W, Perera F, Jankowski J, et al. Prenatal low-level lead exposure and developmental delay of infants at age 6 months (Krakow inner city study). *Int J Hyg Environ Health.* 2008;211:345–51.
34. Koller K, Brown T, Spurgeon A, et al. Recent developments in low-level lead exposure and intellectual impairment in children. *Environmental Health Perspectives.* 2004;112:987–94.
35. Koppen G, Den HE, Nelen V, et al. Organochlorine and heavy metals in newborns: results from the Flemish Environment and Health Survey (FLEHS 2002–2006). *Environ Int.* 2009;35:1015–22.
36. 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;85:503–10.