

# Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad

Carlos Jiménez-Gutiérrez, Psic., M.S.P., M. en C.,<sup>(1)</sup> Isabelle Romieu, M.D., M.P.H., Dr. Sc.,<sup>(2)</sup>  
Adriana Leticia Ramírez-Sánchez, M.V.Z., M.S.P., M. en C.,<sup>(3)</sup>  
Eduardo Palazuelos-Rendón, M.C.,<sup>(4)</sup> Ilda Muñoz-Quiles, Q.F.B.<sup>(5)</sup>

Jiménez-Gutiérrez C, Romieu I, Ramírez-Sánchez AL, Palazuelos-Rendón E, Muñoz-Quiles I. Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad. *Salud Publica Mex* 1999;41 suppl 2:S72-S81.

## Resumen

**Objetivo.** Identificar los factores de exposición asociados a las concentraciones de plomo en niños de escuelas primarias públicas y privadas de la ciudad de México. **Material y métodos.** Se realizó un estudio transversal en 340 niños que asistían a la escuela primaria. Las escuelas se seleccionaron por conveniencia y los niños en forma aleatoria. Se aplicó un cuestionario y se tomaron muestras de sangre venosa. Los niveles de plomo se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica. Se compararon medias mediante la prueba *t* de Student-Fisher y ANDEVA; y para el análisis multivariado, regresión lineal múltiple. Debido a que los niveles de plomo no seguían una distribución normal, se transformó con logaritmo neperiano, con la que se trabajó en todo el análisis estadístico. **Resultados.** Las medias geométricas para escuelas privadas y públicas fueron: MG=8.76 µg/dl, IC95%=9.1-10.5; MG=11.5 µg/dl, IC95%=9.4-13.5, respectivamente. Los niveles de plomo son más elevados en los niños que asisten a la escuela pública y que presentan las siguientes características: ser varones, tener entre seis y ocho años de edad y cursar el primer o segundo grado de primaria; las madres de estos niños son profesionistas; en sus hogares se utiliza la cerámica vidriada y cerca de sus domicilios existen diferentes tipos de talleres contaminantes con plomo. **Conclusiones.** Los factores de exposición que predicen las concentraciones de plomo

Jiménez-Gutiérrez C, Romieu I, Ramírez-Sánchez AL, Palazuelos-Rendón E, Muñoz-Quiles I. Lead exposure in children from 6 to 12 years old. *Salud Publica Mex* 1999;41 suppl 2:S72-S81.

## Abstract

**Objective.** To identify exposure factors contributing to lead poisoning in school children from Mexico City. **Material and methods.** Cross-sectional study of 340 children. A convenience sample of schools and a random sample of children were selected. A questionnaire was filled out and venous blood samples were taken. Lead levels were measured by atomic absorption spectrophotometry. Statistical analysis consisted of comparison of means using Student's *t* test and ANOVA. Multiple linear regression was used for multivariate analysis. Logarithmic transformation of lead blood levels were used to account for their non-normal distribution. **Results.** Geometric means for private and public schools were: GM=8.76 µg/dl, 95% CI=9.1-10.5; GM=11.5 µg/dl, 95% CI=9.4-13.5. Lead levels were higher among children from public schools who are male, between 6 and 8 years of age, in first and second grade, whose mothers have a profession, who use glazed earthenware utensils, and who live near glazed earthenware shops or factories. **Conclusions.** Exposure predictors of lead blood levels are: being between 6 and 8 years of age, having a professional mother, using glazed earthenware utensils, living near glazed earthenware shops or factories, and studying the second grade of elementary school.

- (1) Centro de Investigación en Sistemas de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), México.
- (2) Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, México.
- (3) Secretaría Académica, INSP, México.
- (4) Hospital American British Cowdray (ABC), México.
- (5) Centro de Investigación en Salud Poblacional, INSP, México.

Fecha de recibido: 16 de julio de 1998 • Fecha de aprobado: 5 de marzo de 1999

Solicitud de sobretiros: M. en C. Carlos Jiménez Gutiérrez. Centro de Investigación en Sistemas de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Universidad 655, primer piso, colonia Santa María Ahuacatitlán, 62508 Cuernavaca, Morelos, México.  
Correo electrónico: cjimenez@insp3.insp.mx

en sangre son: tener entre seis y ocho años de edad, la ocupación de la madre, la utilización de cerámica vidriada, la cercanía de diferentes tipos de talleres contaminantes con plomo a los domicilios y cursar el segundo año de primaria.

Palabras clave: plomo; exposición a riesgos ambientales; niño; México

Key words: lead; environmental exposure; child; Mexico

La exposición al plomo y la consecuente intoxicación constituyen un problema de salud pública en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo. El plomo no tiene ninguna función biológica en los organismos vivos; sin embargo, su utilización en diversas actividades humanas constituye una fuente de exposición para todos los grupos de edad tanto para los ocupacionalmente expuestos como para la población en general. El creciente interés que ha surgido en México con respecto al estudio y la prevención de los efectos adversos para la salud que ocasionan las fuentes potenciales de intoxicación por plomo, ha dado lugar a la realización de estudios epidemiológicos en los cuales se indican las concentraciones de plomo en sangre, así como los factores de riesgo para la población de la ciudad de México.

Entre la población de mayor riesgo a los productos químico-tóxicos y a los carcinogénicos están los neonatos y los niños menores de 10 años, debido a la extremada susceptibilidad y vulnerabilidad de su organismo, de tal manera que sus características funcionales y estructurales durante ese ciclo vital son diferentes a las de los niños mayores y de los adultos.<sup>1,2</sup> La carga corporal de plomo a diferentes niveles se asocia con un amplio espectro de efectos adversos en la salud infantil<sup>3</sup> y se ha hecho evidente que los niños menores de 10 años captan más plomo a través de los aparatos respiratorio y digestivo y que retienen mayor proporción del plomo absorbido.<sup>4</sup>

Durante la década de los noventa se han realizado diversos estudios en población infantil con edades que van de los seis meses a los 18 años, en diferentes zonas del Distrito Federal. Entre los factores de exposición más comunes asociados a altas concentraciones de plomo en sangre<sup>5-13</sup> se han notificado los siguientes: el uso de utensilios de barro vidriado para preparar y guardar alimentos y bebidas, el hábito de chupar lápices y colores, las manos sucias y el tráfico vehicular.

Por otra parte, la identificación de diversas fuentes de exposición a plomo ha puesto en evidencia el riesgo al que está expuesta la población infantil; sin embargo, únicamente en tres estudios<sup>6,8,13</sup> se han con-

siderado las características diferenciales de acuerdo con diversos grupos de edad y con el tipo de escuela primaria a la que acuden los niños. El objetivo de este estudio es identificar los factores de exposición asociados a las concentraciones de plomo en niños de escuelas primarias públicas y privadas de la ciudad de México.

## Material y métodos

De marzo de 1993 a septiembre de 1994 se realizó un estudio epidemiológico de diseño transversal; de manera aleatoria se seleccionaron infantes de ambos sexos, de 6 a 12 años de edad, en los seis grados académicos de nueve escuelas primarias públicas y privadas. Las escuelas primarias participantes se ubican en la zona noroeste y noreste de la zona conurbada de la ciudad de México, en las delegaciones Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Coyoacán, Naucalpan, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Nezahualcoyotl. Los criterios de selección de los niños fueron que al momento del estudio tuvieran más de un año de residencia en esa casa, y por lo menos cinco años de residir en la Ciudad de México; que no hubiese evidencia de enfermedades importantes en la madre durante el embarazo; y ausencia de consumo de drogas o alcoholismo en ambos padres. Los padres de los niños participantes firmaron voluntariamente una carta de consentimiento para la aplicación de un cuestionario, la toma de muestra de sangre y la aplicación de una batería psicológica.

El cuestionario contenía preguntas relacionadas con los antecedentes de salud del niño y de la madre, las actividades del niño, su alimentación y las características de su hogar y de su familia. Dos entrevistadores previamente capacitados se encargaron de aplicarlo. Dos enfermeras pediátricas previamente estandarizadas tomaron las muestras de sangre venosa. El contenido de plomo se determinó en el laboratorio del hospital American British Cowdray por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (modelo Perkin-Elmer 2100). El control de calidad del análisis de las muestras in-

cluyó un procedimiento interno y otro externo con estándares suministrados por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos de América. En cuanto al antecedente de exposición a plomo se construyeron índices de exposición a partir de preguntas que estaban incluidas en el cuestionario: así, con ocho relacionadas con la presencia o ausencia de diferentes tipos de talleres cercanos a la casa del niño se construyó la variable "talleres cercanos a la casa"; de las preguntas relativas al "uso o no uso de ollas de barro para cocinar y guardar alimentos" se derivó "recipientes de barro"; de la frecuencia de "consumo de yogurt y queso por semana" se generó la variable "derivados de la leche", y a partir de "consumo de atún y sardina por semana" se obtuvo la variable "pescado" (cuadro I). Debido a que la distribución de plomo en sangre no sigue una distribución normal, se transformó con la función logaritmo neperiano. En el análisis bivariado y de acuerdo con el tipo de variables se aplicaron las pruebas *t* de Student Fisher y Anova, y para determinar los factores de exposición asociados a los niveles de plomo en sangre se recurrió al análisis de regresión lineal múltiple. El análisis

estadístico se llevó a cabo con el paquete estadístico SPSS para Windows, versión 6.1.

## Resultados

Mediante el cuestionario se obtuvieron datos de 404 niños y muestras de sangre de 340; a 64 niños (15.85%) no se les tomó dicha muestra por ausencia escolar, o porque no lo permitió alguno de los padres y/o por nerviosismo del niño. De los 340 niños que comprendieron la muestra efectiva de estudio, 56.5% (n=192) asisten a escuelas privadas y 43.5% (n=148) a públicas. Los niños de las escuelas públicas tuvieron una media aritmética de plomo en sangre de  $\bar{X}=12.6$   $\mu\text{g/dl}$ ,  $\text{IC}_{95\%}=11.6-13.5$  y una media geométrica de  $\text{MG}=11.5$   $\mu\text{g/dl}$ ,  $\text{IC}_{95\%}=9.4-13.5$ , con un rango de 1.4 a 31.8  $\mu\text{g/dl}$ . Los que asistían a las escuelas privadas tuvieron una media aritmética de plomo en sangre de  $\bar{X}=9.8$   $\mu\text{g/dl}$ ,  $\text{IC}_{95\%}=9.1-10.5$  y una media geométrica de  $\text{MG}=8.7$   $\mu\text{g/dl}$ ,  $\text{IC}_{95\%}=9.1-10.5$ , con un rango de 3.0 a 42  $\mu\text{g/dl}$ . De toda la población 47.9% (n=163) presentaron niveles de plomo en sangre  $>10$   $\mu\text{g/dl}$ ; 35.4% (n=68) asistían a escuelas privadas y 64.4%

Cuadro I  
CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR DE TALLERES CERCANOS A LA CASA, RECIPIENTES DE BARRO,  
DERIVADOS DE LA LECHE Y PESCADO. MÉXICO, 1993-1994

Indicador	Variabes incluidas	Valor de categorías
Talleres cercanos a la casa Algoritmo: IF (a =1 or b=1 or c=1 or d=1 or e=1 or f=1 or j=1 or h=1 or i=1 or j=1) taller=1. Compute taller=2	a) imprenta b) taller de plomo c) taller de acumuladores d) taller de pinturas y barnices e) taller de cerámica f) refinería de gasolina g) gasolinería h) taller de carpintería i) taller de plomería j) taller de cambio de aceites	1. Sí, 2. No
Recipientes de barro Algoritmo: IF (a=1 or b=1)barro=1. Compute barro 2	a) uso de ollas de barro para cocinar b) uso de ollas de barro para guardar y servir alimentos	1. Sí, 2. No
Derivados de la leche Algoritmo: Compute leche (a + b)	a) consumo por semana de yogurt b) consumo por semana de queso	Variable cuantitativa discreta
Pescado Algoritmo: Compute pescado (a + b)	a) consumo por semana de atún b) consumo por semana de sardina	Variable cuantitativa discreta

Cuadro II  
**CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y FUENTES  
 DE EXPOSICIÓN A PLOMO EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS.  
 MÉXICO, 1993-1994**

Características	Escuelas privadas (n=192)		Escuelas públicas (n=148)	
	Número	(%)	Número	(%)
<b>Sexo</b>				
1. Masculino	94	49.0	81	54.7
2. Femenino	98	51.0	67	45.3
<b>Edad</b>				
1. De 6 a 8 años	88*	50.0	33 <sup>†</sup>	25.6
2. De 9 a 10 años	48	27.3	47	36.4
3. De 11 a 12 años	40	22.7	49	38.0
<b>Grado escolar</b>				
1. Primero	51	26.6	10	6.8
2. Segundo	33	17.2	17	11.5
3. Tercero	27	14.1	31	20.9
4. Cuarto	28	14.6	28	18.9
5. Quinto	28	14.6	31	20.9
6. Sexto	25	13.0	31	20.9
<b>Escolaridad de la madre</b>				
1. ≤ Primaria	13	6.8	82	55.4
2. Secundaria/preparatoria	73	38.0	52	35.1
3. ≥ Universidad	106	55.2	14	9.5
<b>Ocupación de la madre</b>				
1. Empleada	23	12.0	35	23.6
2. Comerciante	10	5.2	8	5.4
3. Profesionista	64	33.3	16	10.8
4. Hogar	95	49.5	89	60.1
<b>Recipientes de barro</b>				
1. Sí	51	26.6	63	42.6
2. No	141	73.4	85	57.4
<b>Ubicación de la casa</b>				
1. Zona cerrada tráfico	77	40.1	17	11.5
2. Zona abierta tráfico	115	59.9	131	88.5
<b>Talleres cercanos a la casa</b>				
1. Sí	95	49.5	100	67.6
2. No	97	50.5	48	35.4

\* 16 casos sin información  
<sup>†</sup> 19 casos sin información

(n=95), a públicas. En el cuadro II se presentan las proporciones de algunas características sociodemográficas y fuentes de exposición a plomo según tipo de escuela. Respecto a las medias geométricas de plomo

en sangre, en las escuelas privadas se observaron las mayores concentraciones en niños cuyas características fueron: tener de seis a ocho años de edad, cursar los grados escolares de primero o segundo año de primaria, cuya madre era empleada, utilizar cotidianamente recipientes de barro vidriado y habitar en sitios cercanos a diversos talleres contaminantes con plomo (cuadro III). Comparativamente en las escuelas públicas las mayores concentraciones de plomo en sangre se observaron en niños cuyas características fueron: pertenecer al sexo masculino, tener de 6 a 10 años de edad y cursar los grados primero y segundo de primaria, sus madres tenían una escolaridad igual o superior a la universitaria, con ocupación profesionalista, y habitualmente utilizaban recipientes de barro vidriado; por último, su domicilio se ubicaba en una zona cerrada al tráfico vehicular (cuadro III).

En lo concerniente a la alimentación, se observó un mayor consumo, estadísticamente significativo, de derivados de la leche en niños de escuelas privadas respecto a los de escuelas públicas, y una asociación lineal negativa entre esta variable y los niveles de plomo en sangre (coeficiente= 0.97, EE=1.0, IC95%=0.95-0.99,  $t=2.927$ ,  $p=0.0038$ ). En cuanto al consumo de pescado, a pesar de que no hubo diferencias importantes entre ambos tipos de escuelas, también se observó una asociación negativa entre el consumo de pescado y los niveles de plomo en sangre en los niños de escuelas públicas respecto a los de escuelas privadas (coeficiente=0.95, EE=1.0, IC95%=0.90-0.99,  $t=2.175$ ,  $p=0.0312$ ).

Por último, los modelos de regresión múltiple permitieron observar que las principales fuentes de exposición a plomo para los niños de 6 a 12 años de escuelas privadas que tienen mayor riesgo de incrementar sus concentraciones por arriba de 10 µg/dl son las siguientes: para los niños de seis a ocho años de edad, consumir habitualmente alimentos que se han preparado y almacenado en recipientes de barro vidriado y, por otra parte, que la madre tenga por ocupación ser empleada o dedicarse al hogar. Se encontró que el consumo de derivados de la leche es una característica protectora. Al realizar las predicciones con la recta de regresión del consumo semanal de derivados de la leche (yogurt-queso) se encontró que la media de plomo en sangre prevista para estos niños es de 9 µg/dl, IC95%=9.0 - 8.2, si se considera que el consumo semanal promedio es de seis veces. En el caso de los niños que los consumen 16 veces, que es la mayor frecuencia semanal, la media de plomo en sangre prevista es de 6.7 µg/dl, IC95%=5.5-8.2 (cuadro IV).

En cuanto a las escuelas públicas, los hijos de familias cuyo domicilio está cercano a diversos talleres

Cuadro III  
**MEDIAS GEOMÉTRICAS DE PLOMO EN SANGRE EN NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS SEGÚN DIFERENTES  
 CARACTERÍSTICAS Y FUENTES DE PLOMO. MÉXICO, 1993-1994**

Características	Escuelas privadas				Escuelas públicas			
	MG*	(DE) <sup>†</sup>	IC95% <sup>‡</sup>	Prueba estadística	MG*	(DE) <sup>†</sup>	IC95% <sup>‡</sup>	Prueba estadística
<b>Sexo</b>								
1. Masculino	8.9	(1.7)	0.9 a 1.2	T-test	11.9	(1.5)	0.8 a 1.3	T-test
2. Femenino	8.6	(1.6)		t= 0.68	10.9	(1.6)		t= 1.32
				p= 0.495				p= 0.188
<b>Edad</b>								
1. De 6 a 8 años	9.8	(1.6)	8.9 a 10.8	Anova	11.9	(1.5)	10.2 a 14.0	Anova
2. De 9 a 10 años	7.9	(1.6)	6.8 a 9.2	F= 5.1451	11.4	(1.6)	9.9 a 13.0	F= 0.4996
3. De 11 a 12 años	7.7	(1.5)	6.7 a 8.9	p= 0.0068	10.8	(1.5)	9.6 a 12.2	p= 0.6080
<b>Grado escolar</b>								
1. Primero	9.5	(16) <sup>§</sup>	8.3 a 10.9	Anova	13.7	(1.4) <sup>#</sup>	10.6 a 17.7	Anova
2. Segundo	10.4	(1.5)	8.9 a 12.2	F= 3.137	12.6	(1.4)	10.6 a 15.1	F= 0.8892
3. Tercero	8.1	(1.6)	6.7 a 9.7	p= 0.0096	10.4	(1.7)	8.4 a 12.7	p= 0.49.1
4. Cuarto	7.4	(1.6)	6.1 a 8.9		11.9	(1.7)	9.7 a 14.5	
5. Quinto	9.3	(1.6)	7.7 a 11.3		11.3	(1.4)	10.1 a 12.7	
6. Sexto	7.2	(1.6)	5.9 a 8.6		11.2	(1.5)	9.7 a 12.9	
<b>Escolaridad de la madre</b>								
1. ≤ Primaria	9.3	(1.8)	6.5 a 13.2	Anova	11.2	(1.6)	10.2 a 12.4	Anova
2. Secundaria/preparatoria	9.5	(1.5)	8.6 a 10.4	F= 1.7899	11.5	(1.5)	10.2 a 12.9	F= 5269
3. ≥ Universidad	8.3	(1.6)	7.5 a 9.1	p= 0.1698	12.8	(1.5)	10.2 a 16.1	p= 0.5915
<b>Ocupación de la madre</b>								
1. Empleada	10.3	(1.7)	8.2 a 13.0	Anova	11.4	(1.5)	9.9 a 13.3	Anova
2. Comerciante	6.6	(1.7)	4.6 a 9.6	F= 3.1684	11.2	(1.6)	7.5 a 16.7	F= 1.2510
3. Profesionista	8.0	(1.6)	7.1 a 9.0	p= 0.0256	14.0	(1.6)	10.8 a 18.0	p= 0.2936
4. Hogar	9.2	(1.6)	8.4 a 10.1		11.1	(1.5)	10.2 a 12.2	
<b>Recipientes de barro</b>								
1. Sí	11.0	(1.6)	1.1 a 1.5	T-test	12.1	(1.5)	0.9 a 1.3	T-test
2. No	8.1	(1.6)		t= 3.76	11.1	(1.6)		t= 1.22
				p= 0.000				p= 0.225
<b>Ubicación de la casa</b>								
1. Zona cerrada tráfico	8.5	(1.5)	0.8 a 1.1	T-test	13.5	(1.5)		T-test
2. Zona abierta tráfico	9.0	(1.7)		t= 0.71	11.2	(1.5)		t= 1.62
				p= 0.478				p= 0.107
<b>Talleres cercanos a la casa</b>								
1. Sí	9.3	(1.6)		T-test	12.2	(1.5)		T-test
2. No	8.3	(1.6)	0.98 a 1.3	t= 1.64	10.0	(1.6)		t= 2.62
				p= 0.102				p= 0.010

\* Media geométrica. Valores exponenciados

† Desviación estándar

‡ Intervalo de confianza al 95% para la diferencia de las medias en la prueba t de Student Fisher y para las medias en la prueba de Anova

§ 16 casos sin información

# 19 casos sin información

Cuadro IV  
**MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MULTIVARIADO  
 PARA ESCUELAS PRIVADAS SEGÚN CARACTERÍSTICAS  
 SELECCIONADAS. MÉXICO, 1993-1994**

Características	Coefficiente	Error estándar	Valor T	Nivel significancia	Intervalo de confianza 95%
Constante	7.72	1.1	21.4	0.0000	6.39 a 9.32
<b>Edad</b>					
1. De 6 a 8 años	1.20	1.1	2.77	0.0061	1.05 a 1.36
2. De 11 a 12 años	Referencia				
<b>Ocupación de la madre</b>					
1. Empleada	1.43	1.1	3.02	0.0029	1.13 a 1.82
2. Hogar	1.15	1.1	2.06	0.0400	1.01 a 1.29
3. Comerciante	Referencia				
<b>Recipientes de barro</b>					
1. Sí	1.22	1.1	2.68	0.0080	1.05 a 1.42
2. No	Referencia				
<b>Consumo de derivados de la leche</b>					
	-0.98	1.0	-2.04	0.0422	0.96 a 0.99

Coef. correlación múltiple= 0.4061, coef. determinación: 0.18543; F= 7.73963, significancia F= 0.0000

Modelo ajustado por: edad, grado escolar, ocupación de la madre, recipientes de barro, talleres cercanos a la casa, consumo de derivados de la leche (yogurt-queso) por semana

contaminantes con plomo tienen mayor riesgo de que sus concentraciones de plomo en sangre se incrementen. El consumo de pescado es una característica protectora. Al realizar las predicciones con la recta de regresión para el consumo de pescado (sardina-atún), la media de plomo en sangre prevista fue de 11.4 µg/dl, IC95%=10.6 - 12.2 en aquellos niños que lo consumían una vez a la semana, mientras que para aquellos que lo consumían 13 veces, que es la mayor frecuencia, la media de plomo en sangre prevista fue de 6.1 µg/dl, IC95%=3.4 - 10.9 (cuadro V).

## Discusión

La principal contribución de este trabajo es el haber identificado los factores de exposición a plomo por tipo de escuela, y destacar la importancia del consumo de pescado y de derivados de la leche como factor protector.

Las concentraciones promedio de toda la población infantil de esta investigación son menores en

Cuadro V  
**MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MULTIVARIADO  
 PARA ESCUELAS PÚBLICAS SEGÚN CARACTERÍSTICAS  
 SELECCIONADAS. MÉXICO, 1993-1994**

Características	Coefficiente	Error estándar	Valor T	Nivel significancia	Intervalo de confianza 95%
Constante	10.43	1.0	37.37	0.0000	9.21 a 11.8
<b>Talleres cercanos a la casa</b>					
1. Sí	1.23	1.1	2.84	0.0051	1.10 a 1.43
2. No	Referencia				
Consumo de pescado	-0.94	1.0	2.43	0.0160	0.90 a 0.99

Coef. correlación múltiple= 0.28727, coef. determinación: 0.08252; F= 6.52106, significancia F= 0.0019

Modelo ajustado por: talleres cercanos a la casa, consumo de pescado (sardina-atún) por semana, ubicación de la casa

4.2 µg/dl en la media aritmética y 2.4 µg/dl en la media geométrica en relación con las que se informan en el estudio de Olaiz G,<sup>6</sup> donde los niños que se estudiaron presentaban características similares a las de los niños de este estudio. Empero, si bien el estudio de Olaiz G.<sup>6</sup> se efectuó en 22 escuelas de la ciudad de México, el análisis y los resultados que se obtuvieron no discriminan de acuerdo con el tipo de escuela. En cambio, en este estudio queda de manifiesto, como indicativo del nivel socioeconómico, que los infantes de escuelas públicas están en mayor riesgo que los de escuelas privadas. Este dato ha sido constatado por Hernández,<sup>14</sup> quien ha indicado que una proporción importante de los niños que asisten a escuelas del sistema educativo estatal tienen niveles de plomo en sangre significativamente iguales o superiores a los 15 µg/dl.

En otro informe se indica que de 1990 a 1992 las concentraciones de plomo en niños descendieron de 16.6 µg/dl a 11.14 µg/dl,<sup>15</sup> y que de 1992 a 1994 dicha disminución continuó aproximadamente en 5 µg/dl.<sup>15</sup> Debido a que el periodo de tiempo en que se desarrolló nuestro estudio coincide con el intervalo de tiempo en el que se reporta un decremento importante en las concentraciones promedio en sangre, es probable que los niveles de plomo en sangre limítrofes a los 10 µg/dl observados en nuestra muestra de estudio, sean resultado de las acciones gubernamentales como la reducción del plomo en la gasolina.

En algunos estudios se ha señalado que, independientemente del nivel socioeconómico,<sup>16-18</sup> los niños se encuentran expuestos a diversas fuentes de plomo y a la consecuente intoxicación. Los niños que pertenecen a un nivel socioeconómico bajo (los de escuelas públicas) se encuentran en mayor riesgo de tener altas concentraciones de plomo.<sup>19</sup> Autores como Bellinger,<sup>20</sup> Dietrich,<sup>21</sup> Winneke<sup>22</sup> y Schroeder<sup>17</sup> argumentan que, por sí solo, el nivel socioeconómico no explica los niveles de plomo en sangre, sino que influye en la "calidad del cuidado ambiental". Desafortunadamente, los padres de niños de escuelas públicas tienen menos oportunidades para desarrollar habilidades orientadas al cuidado y educación de sus hijos. No obstante, los maestros podrían jugar un papel importante dentro de las escuelas para fortalecer el desarrollo de dichas habilidades en la familia.

Por otro lado, respecto a los niveles que ha notificado López y colaboradores<sup>5</sup> en el estudio que llevó a cabo en población infantil de la zona de Chimalhuacán son congruentes con los resultados del nivel socioeconómico bajo de los niños de escuelas públicas del presente estudio. En cuanto a los niveles de plomo que se observaron aquí, éstos son menores en 2.4 µg/dl en la media aritmética y 0.7 µg/dl en la media geométrica respecto a los niveles que han notificado estos investigadores.

Pocock y colaboradores<sup>23</sup> hacen mención de las diferencias por sexo; la variación que se observó en las concentraciones de plomo entre niños y niñas que asisten a escuelas públicas se explica porque los varones son toscos en sus actividades lúdicas y manejan todo tipo de objetos sin importarles qué tan limpios están, así como tampoco les interesa la pulcritud del medio ambiente; a lo anterior se añan las habilidades psicomotrices que los niños y las niñas desarrollan diferencialmente en función de los factores socioculturales.<sup>24,25</sup> Los resultados del presente estudio en relación con la variable sexo no coinciden con los de Olaiz y colaboradores,<sup>6</sup> quienes observaron mayores concentraciones de plomo en sangre en las niñas. Sin embargo, sí concuerdan con los de Meza-Camacho.<sup>13</sup> Existen estudios donde se indica que los varones pudieran tener mayor sensibilidad a la neurotoxicidad del plomo que las niñas; no obstante, se trata de un resultado que amerita interpretarse con cautela pues no hay evidencias que apoyen esa heterogeneidad biológica.<sup>19</sup>

La edad y el grado escolar permiten indagar sobre la "calidad del cuidado ambiental", si bien, tanto los niños de menor y mayor edad se encuentran expuestos a diversas fuentes potenciales de intoxicación por plomo, los niños de los primeros grados están en mayor desventaja que los de grados superiores.

Aun cuando los niños de seis a ocho años son capaces de llevar a cabo muchas de sus actividades diarias de manera autónoma, sin la supervisión de un adulto que les impida la práctica de conductas de riesgo, aumentan sus posibilidades de exposición a fuentes potenciales de intoxicaciones por plomo. Por otra parte, es primordial el papel que pueden desempeñar los maestros en la prevención de exposición a fuentes potenciales de plomo. Los resultados de la presente investigación coinciden con los que encontró Meza-Camacho:<sup>13</sup> en su estudio, los niños de siete a ocho años de edad tenían mayores concentraciones de plomo en sangre, situación similar a lo que sucedió con los niños de seis a ocho años de edad que participaron en este trabajo. No obstante, esos resultados no coinciden con los de Olaiz G.<sup>6</sup> y Vega-Franco,<sup>8</sup> quienes no encontraron diferencias importantes por esa variable.

Respecto a la escolaridad de la madre, lo encontrado en el presente estudio en el caso de los niños que asistían a escuelas privadas coincide con los hallazgos de Olaiz G.<sup>6</sup> que indican una reducción en las concentraciones de plomo en sangre en la medida en que el nivel escolar de la madre se eleva; por el contrario, en las madres de niños que asistían a escuelas públicas se observó un incremento en las concentraciones de plomo en sangre en la medida en que el nivel escolar de la madre se eleva. Este contraste podría explicarse por la ausencia de información sobre la escolaridad del padre y por la pequeña proporción de sujetos por categoría.

Por otra parte, podría esperarse que la ocupación de los padres representara un factor de riesgo en el caso de los niños que asisten a las escuelas públicas; empero, la red de apoyo familiar es más fuerte en las familias de niveles socioeconómicos bajos, lo cual no sucede con las familias de los niños de las escuelas privadas, quienes pertenecen a un nivel socioeconómico alto; esto último podría influir sobre el tiempo de atención, cuidado de los niños y en la calidad de las relaciones intrafamiliares.

En México se ha documentado ampliamente el uso de cerámica vidriada a baja temperatura para preparar y guardar alimentos o líquidos<sup>26,27</sup> como factor de riesgo para la salud, para diferentes grupos de edad y niveles socioeconómicos. De igual manera, en diversos estudios en población infantil se ha señalado que esta variable es una de las principales fuentes potenciales de intoxicación por plomo.<sup>5-10</sup> Se observa un importante incremento en las concentraciones de plomo en sangre en los hijos de madres que habitualmente utilizan ese tipo de recipientes para preparar y guardar alimentos y líquidos, en contraste con los niños cuyas madres emplean otro tipo de recipientes. Si bien este estudio

se suma al conjunto de evidencias en la identificación de dicha fuente de exposición en población infantil, es necesario considerar los esfuerzos que han llevado a cabo diversas asociaciones gubernamentales y no gubernamentales para promover, en el corto y largo plazo, respectivamente, la producción de artículos seguros y sin plomo mediante la sustitución del plomo en las fritas, la transferencia de tecnología para el desarrollo de hornos cerámicos que operen a temperaturas más elevadas a base de combustibles más eficaces<sup>28</sup> y el establecimiento de la norma de control que fija el contenido límite de plomo de los artículos de cerámica vidriada destinados a la conservación y preparación de alimentos y bebidas.<sup>29</sup>

En cuanto a la ubicación de la vivienda, y según el estudio de Romieu,<sup>12</sup> era de esperarse que los niños cuyo domicilio se localiza en zonas cerradas al tráfico vehicular presentarían concentraciones de plomo más bajas que las de aquellos que habitan en zonas abiertas. Empero, en la presente investigación dicho resultado difiere, ya que los niños de escuelas públicas que habitan en zonas cerradas tienen mayores concentraciones de plomo en sangre. Es probable que la distancia e intensidad del tráfico en las principales vías de circulación vehicular en relación a la ubicación de la casa y su localización en las zonas de mayor contaminación contribuyan a la carga de plomo, como lo muestran los estudios de Olaiz,<sup>6</sup> Romieu<sup>7</sup> y Muñoz.<sup>10</sup>

Por otro lado, cabe señalar que la cercanía de diferentes tipos de talleres contaminantes con plomo a la casa de los niños constituye una fuente importante que contribuye a la carga de plomo en el organismo de los niños, de sus familias y de los mismos trabajadores de los talleres; sin embargo, hasta ahora ningún otro estudio en población infantil de la ciudad de México lo había notificado. Este resultado debe interpretarse con cautela ya que, para no perder información, este índice se construyó a partir de preguntas cualitativas binarias y no se midieron otras variables relacionadas como la distancia a la casa del niño, tiempo de ubicación del taller, cantidad de agentes contaminantes expulsados al ambiente, etcétera. No obstante, es necesario emprender acciones de control y vigilancia de los materiales, desechos y ambiente de trabajo de este tipo de talleres.

Por otra parte, aun cuando en el presente estudio no se encontraron diferencias importantes en el consumo de pescado entre los niños que asisten a las escuelas privadas y aquellos que van a las públicas, es posible que los niños no coman atún ni sardina por las restricciones que tiene su presentación, por la monótona fórmula de preparación y por la oportunidad de acceder a otras especies comerciales, ésta última en

el caso de niños de escuelas privadas. En cuanto al mayor consumo de los derivados de la leche entre los niños de escuelas privadas respecto a los de las públicas, la diferencia puede estar influida por la mayor capacidad económica para adquirir éstos y otros productos alimenticios.

En relación con el consumo semanal de derivados de la leche y pescado, el hallazgo de este estudio coincide con el de Lacasaña,<sup>30</sup> a saber, que el consumo de queso y atún enlatado ejercen un efecto protector. Según Chávez y colaboradores,<sup>31</sup> el aporte de calcio en diferentes especies de pescado como el atún, la sardina, el charal y el boquerón, que se comen enteros, incluyendo el esqueleto, va de 7 a 4005 mg/100g. Por otro lado, en animales y en humanos se ha documentado la interacción del plomo con el calcio: una ingestión de calcio baja o deficiente favorece la absorción de plomo en el tracto digestivo, la cual se incrementa en estado de ayuno, y al mismo tiempo estimula la movilización de este metal en huesos. Por el contrario, una dieta rica en calcio contribuye a disminuir la absorción del plomo y a aminorar su acumulación en los huesos.<sup>4,32,33</sup>

Finalmente, este estudio proporciona a la literatura una manifestación del impacto de diferentes fuentes de exposición a plomo a la salud de los niños en edad escolar primaria de la ciudad de México, como un problema actual de salud pública pediátrica cuyos efectos sobre la salud pueden tener un alto costo social. Es apremiante la necesidad de establecer sólidos programas comunitarios de educación para prevenir la intoxicación por este metal; los beneficios de ese tipo de medidas serían muy claros al no ser ya necesaria la educación especial para individuos que presentan problemas neuroconductuales como la deficiencia cognitiva, las dificultades en el aprendizaje y los problemas de conducta, debidos todos a la intoxicación por plomo, como lo han puesto en evidencia los estudios de Needleman,<sup>34,35</sup> Baghurst,<sup>36</sup> Bellinger<sup>37</sup> y Dietrich.<sup>38</sup>

En lo tocante a la metodología, se recurrió al monitoreo biológico de plomo en sangre por ser éste un marcador adecuado para medir la dosis interna en la población general y un indicador de exposición reciente y del equilibrio entre la cantidad del metal que es absorbida, la que transporta la sangre y la que se deposita en los tejidos. Pese a la planificación de una muestra probabilística, ésta se perdió por problemas operativos durante la fase de campo; sin embargo, se mantuvo la selección aleatoria de los niños, de tal manera que es posible que la validez externa del estudio no se vea afectada.

Las diferencias que se encontraron en las fuentes potenciales de intoxicación por plomo se explican por

el tipo de escuela y, posiblemente, por su ubicación geográfica, sobre todo en las escuelas cercanas a la zona industrial de Xalostoc y Tlalnepantla, aunque esta última variable no se consideró en el análisis.

Entre las características más sobresalientes de los 64 infantes que no dieron muestra de sangre y no contestaron el cuestionario en su totalidad están el pertenecer al sexo masculino y asistir a escuelas privadas; sus madres poseen un alto nivel académico; en su hogar se utilizan recipientes de cerámica vidriada para preparar y guardar alimentos, y éste se ubica a proximidad de diferentes tipos de talleres contaminantes con plomo; estos factores no hacen que estos 64 niños se diferencien de la muestra de niños de escuelas privadas de este estudio, por lo que se descartó la influencia de algún sesgo.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo incondicional que brindó el doctor Mauricio Hernández Avila, Director del Centro de Investigación en Salud Poblacional del Instituto Nacional de Salud Pública, para la realización de esta investigación. Asimismo, reconocen la ayuda que prestaron las directoras de las escuelas primarias que se incluyeron en el estudio y de los padres de familia que permitieron que sus hijos participaran en el mismo.

### Referencias

- World Health Organization. Infant and young child. En: World Health Organization. Environmental Health. Criteria 59. Principles for evaluating health risks from chemicals during infancy and early childhood: The need for a special approach. Finlandia: 1986:15-25.
- Silbergeld EK. Implications of new data on lead toxicity for managing and preventing exposure. *Environ Health Perspect* 1990;89:49-54.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Centers for Disease Control. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Case studies in environmental medicine: Lead toxicity. Atlanta (GA): 1992.
- Mahaffey K. Nutritional factors in lead poisoning. *Nutr Rev* 1981; 39(10):353-362.
- López-Carrillo L, Torres-Sánchez L, Garrido F, Papaqui-Hernández J, Palazuelos-Rendón E, López-Cervantes M. Prevalence and determinants of lead intoxication in Mexican children of low socioeconomic status. *Environ Health Perspect* 1996;104(11):1208-1211.
- Olaiz G, Fortoul TI, Rojas R, Doyer M, Palazuelos E, Tapia CR. Risk factor for high levels of lead in blood of schoolchildren in Mexico City. *Arch Environ Health* 1996;51(2): 122-126.
- Romieu I, Carreón T, López L, Palazuelos E, Rios C, Manuel Y *et al*. Environmental urban lead exposure and blood lead levels in children of Mexico City. *Environ Health Perspect* 1995;103(11):1036-1040.
- Vega-Franco L, Alvear G, Meza-Camacho C. La cerámica vidriada como factor de riesgo de exposición al plomo. *Salud Publica Mex* 1994;36: 148-153.
- Jiménez C, Romieu I, Palazuelos E, Muñoz I, Cortés M, Rivero A *et al*. Factores de exposición ambiental y concentraciones de plomo en sangre en niños de la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 1993;35:599-606.
- Muñoz I, Romieu I, Palazuelos E, Mancilla-Sánchez T, Meneses F, Hernández-Avila M. Blood lead level and neurobehavioral development among children living in Mexico City. *Arch Environ Health* 1993;48(3): 132-139.
- Rothenberg SJ, Schnaas-Arrieta L, Pérez-Guerrero I, Hernández-Cervantes R, Martínez-Medina S, Perroni-Hernández E. Factores relacionados con el nivel de plomo en sangre en niños de 6 a 30 meses de edad en el estudio prospectivo de plomo en la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 1993;35:592-598.
- Romieu I, Palazuelos E, Meneses F, Hernández-Avila M. Vehicular traffic as a determinant of blood-lead levels in children: A pilot study in Mexico City. *Arch Environ Health* 1992;47(4):246-249.
- Meza-Camacho C, García-Aranda JA. Niveles de plomo en sangre de niños residentes en el área metropolitana de la Ciudad de México. *Bol Med Hosp Infant Mex* 1991;48(1):29-34.
- Hernández-Avila M. El plomo: Un problema de salud pública en México. En: Hernández-Avila M, Palazuelos-Rendón E, ed. *Intoxicación por plomo en México: prevención y control. Perspectivas en Salud Pública* 21. Instituto Nacional de Salud Pública. Departamento del Distrito Federal, 1995;13-24.
- Palazuelos-Rendón E. Plomo y salud. Impacto ambiental de la reformulación de las gasolinas en la zona metropolitana de la Ciudad de México. Una evaluación económica. En: Hernández-Avila M, Palazuelos-Rendón E, ed. *Intoxicación por plomo en México: Prevención y control. México. Perspectivas en Salud Pública* 21. Instituto Nacional de Salud Pública. Departamento del Distrito Federal, 1995;257-288.
- Hansen ON, Trillingsgaard A, Beese Y, Lyngbye T, Grandjean P. Neuropsychological profile of children in relation to dentine lead level and socioeconomic group. En: Smith MA, Grant LD, Sors AI, ed. *Lead exposure and child development: An international assessment*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989: 240-250.
- Schroeder SR. Child caregiver environmental factors related to lead exposure and IQ. En: Smith MA, Grant LD, Sors AI, ed. *Lead exposure and child development: An international assessment*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989:166-182.
- Raab GM, Fulton M, Thomson GOB, Laxen DPH, Hunter R, Hepburn W. Blood lead and other influences on mental abilities. Results from the Edinburgh Lead Study. En: Smith MA, Grant LD, Sors AI, ed. *Lead exposure and child development: An international assessment*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989:183-200.
- Harvey PG, Hamlin MW, Dumar R, Dolve HT. Blood lead, behaviour and intelligence test performance in pre-school children. *Sci Total Environ* 1984;40:45-60.
- Bellinger D, Leviton A, Waternaux C, Needleman H, Rabinowitz M. Low-level lead exposure, social class and infant development. *Neurotoxicol Teratol* 1988;10:497-503.
- Dietrich KN, Kathleen MK, Pearson DT, Harris LC, Bornschein RL, Hammond PB *et al*. Contribution of social and developmental factors to lead exposure during the first year of life. *Pediatrics* 1985;75(6): 1114-1119.
- Winneke G, Kraemer U. Neuropsychological effects of lead in children: Interaction with social background variables. *Neuropsychobiology* 1984;11:195-202.
- Pocock SJ, Ashby D, Smith MA. Lead exposure and children's intellectual performance: The Institute of Child Health/Southampton Study. En: Smith MA, Grant LD, Sors AI, ed. *Lead exposure and child development: An international assessment*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989:149-165.
- Cravioto J, Arrieta R. Nutrición, desarrollo mental, conducta y aprendizaje. DIF. INCYTAS-DIF. UNICEF, 1982:198-199.

25. Ehrlich QN. Investigación sobre los resultados del WISC en un grupo de preescolares mexicanos de nivel socioeconómico bajo (tesis). México, D.F.: Universidad Autónoma de México, 1969.
26. Lara-Flores E, Alagón-Cano J, Bobadilla JL, Hernández-Prado B, Ciscomani BA. Factores asociados a los niveles de plomo en sangre en residentes de la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 1989;31:625-633.
27. Hernández-Avila M, Romieu I, Ríos C, Rivero A, Palazuelos E. Lead-glazed ceramics as major determinants of blood lead levels in Mexican women. *Environ Health Perspect* 1991;94:117-120.
28. Olaiz-Fernández G, Hernández-Avila M. Grupo de trabajo III: Cerámica vidriada. En: Howson CP, Hernández-Avila M, Rall DP, ed. *El plomo en América. Estrategias para la prevención*. México, D.F.: Instituto Nacional de Salud Pública de México, Instituto de Medicina de EUA, 1996:145-149.
29. Secretaría de Salud. NOM-010-SSA1-1993. Normas y anteproyectos de normas oficiales mexicanas, 12/11/93. México, SSA 1993.
30. Lacasaña-Navarro M, Romieu I, Sanín-Aguirre LH, Palazuelos-Rendón E, Hernández-Avila M. Consumo de calcio y plomo en sangre de mujeres en edad reproductiva. *Rev Invest Clin* 1996;48:425-430.
31. Chávez A, Hernández M, Roldón JA. Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. México, D.F.: Comisión Nacional de Alimentación, Instituto Nacional de la Nutrición, 1992.
32. Mahaffey KR. Environmental lead toxicity: Nutrition as a component of intervention. *Environ Health Perspect* 1990;89:75-78.
33. Six KM, Goyer RA. Experimental enhancement of lead toxicity by low dietary calcium. *J Lab Clin Med* 1970;76: 933-942.
34. Needleman HL, Gunnoe C, Leviton A, Reed R, Peresie H, Mather C *et al*. Deficits in psychologic classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *N Engl J Med* 1979;300:689-695.
35. Needleman HL, Scheell A, Bellinger D, Leviton A, Allred EN. The long-term effects of childhood exposure to low doses of lead: An 11-year follow-up report. *N Engl J Med* 1990;322:83-88.
36. Baghurst P, McMichael A, Wigg N, Vimpani G, Robertson E, Roberts R *et al*. Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years. *N Engl J Med* 1993;327:1279-1284.
37. Bellinger DC, Stiles KM, Needleman HL. Low-level exposure, intelligence and academic achievement: A long-term follow-up study. *Neurotoxicol Terat* 1993;15:27-35.
38. Dietrich K, Berger O, Succop P, Hammond P, Bornschein R. The developmental consequences of low to moderate prenatal and postnatal lead exposure: Intellectual attainment in the Cincinnati lead study cohort following school entry. *Neurotoxicol Terat* 1993;15:37-44.