

Niveles de plomo en sangre y factores ambientales asociados, en una población infantil venezolana

Drs. Carlos Espinosa, Doris Nobrega, David Seijas, Alves Sarmiento, Evelyn Medina

Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo.

RESUMEN

Se evaluó la contribución de factores ambientales a la concentración de plomo en sangre en niños de edad escolar del sector Michelena en Valencia, Venezuela. Participaron 60 niños (4-9 años). Se determinaron niveles de plomo en sangre de los niños, niveles de plomo en agua de grifo y polvo de piso de sus casas. Los resultados obtenidos revelan que el 76,2 % de las casas muestreadas presentaron niveles de plomo en agua en grifo significativamente superiores a los límites recomendados por la legislación venezolana ($35 \pm 25,5 \mu\text{g/L}$), y otros organismos internacionales. Además, se observó que el 66,7 % de los niños evaluados, presentaron concentraciones de plomo en sangre superiores ($10,5 \pm 3,0 \mu\text{g/dL}$) a lo establecido por el Centro de control y prevención de enfermedades de Estados Unidos. En relación al polvo, el estudio no demostró una correlación entre los niveles de plomo en sangre de los niños y el contenido del plomo en polvo de piso de sus hogares ($r = 0,101$; $P = 0,445$). Los resultados de este estudio son relevantes, a fin de tomar medidas preventivas para el cuidado de la salud. Se sugieren estudios posteriores para determinar de forma más concluyente los principales predictores de niveles elevados de plomo en sangre en la población investigada.

Palabras clave: Plomo en niños. Exposición. Factores ambientales.

INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas se ha detectado que el plomo (Pb), es un elemento tóxico para el ser humano. Éste, es un contaminante potencialmente presente en todos los medios ambientales, con múltiples fuentes de origen y vías de propagación, que contribuyen a la exposición individual (1).

Sus efectos deletéreos se han descrito en diversas publicaciones (2-5), y los niños son sin duda uno de los grupos más vulnerables a la acción del metal, por factores notificados ya en la bibliografía mundial (6).

Las vías más importantes de absorción del Pb son la inhalación y la ingestión. Del 40 % al 50 % de los vapores de óxidos inhalados son absorbidos a través del aparato respiratorio. La absorción de este polvo como material particulado, por vía digestiva, depende de su tamaño, concentración y solubilidad, y como factor individual es necesario tener en cuenta la edad, el sexo, el almacenamiento de hierro, para concluir que cerca del 5 % al 10 % de las partículas se absorben por tracto digestivo (7).

Los niños están expuestos al metal por algunos hábitos de vida o comportamientos tales como: comer tierra o pintura, morder lápices o pasarse por la boca juguetes que puedan contener Pb, ingerir alimentos sin lavarse las manos, y también por algunos medicamentos caseros que contienen este elemento (8).

Los niveles de Pb en las pinturas para casas han disminuido, así como en los carburantes, sobre todo en los últimos años. Sin embargo, el Pb presente en pinturas de casas antiguas aún contamina el polvo doméstico y el suelo. Es frecuente la exposición durante la renovación de la casa (9).

El agua distribuida por los sistemas de acueductos, también ha demostrado ser una fuente importante de ingreso de Pb al organismo del ser humano. En países desarrollados de América y Europa, se encontró que la ingesta de Pb a través del agua de grifo, estaba relacionada con la corrosión presentada

por las tuberías fabricadas con aleaciones de este metal, o por contaminación de componentes en el sistema de distribución, y no a la fuente de agua en sí misma (10,1).

Valencia, capital del Estado Carabobo, ha sido considerada la ciudad industrial de Venezuela (11). Su explosión demográfica en los últimos años y las emanaciones tóxicas de sus industrias, la colocaron para 1989, en segundo lugar a nivel nacional en morbilidad por Pb (12).

Estudios realizados por el Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC), en esta ciudad (13-15), permitieron determinar que las zonas de procedencia, y la condición socioeconómica de sus habitantes, podrían constituir elementos predictores de los niveles elevados de plomo en sangre (Pb-S) encontrados en los individuos evaluados, observándose una asociación entre el número de adultos y niños con valores de Pb-S superiores al límite permisible (VSLP), establecido por el Centro para control y prevención de enfermedades de Estados Unidos (CDC) (1), con un sector de procedencia denominado "Michelena". En estas investigaciones se recomendó determinar, de forma más concluyente, los predictores que influyen en el impacto del metal en la salud de los niños residenciados en dicha zona. De igual forma, el trabajo realizado por Alcántara, G y González, H¹, sobre la evaluación de partículas en el aire de cuatro zonas de Valencia, reportó, dentro de sus resultados más relevantes, que en las concentraciones medias de Pb en las partículas de aire, la segunda media más elevada fue la correspondiente al sector Michelena, área considerada en los estudios previos como potencialmente crítica en exposición a plomo.

Tomando como punto de partida estos antecedentes, y el hecho de que las fuentes de exposición no han sido debidamente controladas y existe un bajo número de estudios en niños por exposición a este metal², el presente trabajo seleccionó como área en estudio el "Sector Michelena", con el objeto de evaluar la contribución de factores ambientales (agua de grifo y polvo de piso), a la concentración de Pb-S en niños de edad escolar del sector mencionado.

¹ Alcántara A y González H. Evaluación de la composición química de las partículas suspendidas en el aire de cuatro zonas de Valencia [Tesis de grado]. Venezuela: Universidad de Carabobo; 2002.

² Villasana L. Evaluación de dosis bajas de versenato de calcio en pacientes intoxicados por plomo [tesis de grado]. Venezuela: Universidad de Carabobo; 2000.

METODOLOGÍA

El estudio fue de tipo analítico ecológico. La población estuvo constituida por 156 niños que viven y estudian en el "sector Michelena". Los criterios de selección fueron: edad comprendida entre 4-9 años, ambos sexos, condiciones socioeconómicas aparentemente similares, con un mínimo de tiempo de residencia en el lugar ≥ 12 meses. Para el diseño de la muestra se consideró como variable principal la concentración de Pb-S en los niños de dicho sector. En un estudio previo de los autores (14), esta zona se había clasificado como de alto riesgo de exposición al plomo, dada la proporción de niños que habían obtenido valores de Pb-S superiores al límite permisible (10 mg/dL). En este sentido, dicha variable es dicotómica en términos de adecuación y por ello resultó pertinente calcular como medida estadística la proporción en este estudio. El tipo de muestreo utilizado fue el aleatorio simple; el tamaño de la muestra se calculó con una confiabilidad de 95 % y un error máximo admisible de 10 %; se obtuvo así 60 niños, los cuales se ubicaron en dos colegios situados en la cercanía de sus viviendas. Se contó con el consentimiento por escrito de los padres y/o representantes de los niños, tanto para la obtención de la información en general, como para la determinación analítica en las muestras de sangre tomada.

El área en estudio abarca 854 300 m², considerándose como "sector Michelena" al espacio geográfico comprendido dentro de los siguientes límites: Nordeste: Avenida Lara/Autopista del sur, Noroeste: Avenida Lara/Avenida Branger, Sureste: río Cabriales/Autopista del Sur, y Suroeste: avenida Branger/río Cabriales. Este sector incluye las siguientes zonas residenciales: la Michelena, San Blas I y II, El Milagro y San Rafael. (Figura 1).

Con el objeto de determinar la influencia de las condiciones ambientales de las casas, sobre los niveles de Pb-S de los niños, se tomaron muestras de sangre de los mismos, así como muestras de agua de grifo y polvo de piso de sus casas. Además, se administró un cuestionario debidamente estructurado a los padres o representantes, el cual había sido validado previamente, permitiendo obtener información personal (nombre, dirección, sexo y edad de los niños participantes en el estudio), y características ambientales del hogar (tipo de piso, tipo de tubería para las aguas blancas).

Para conocer las condiciones de la red de

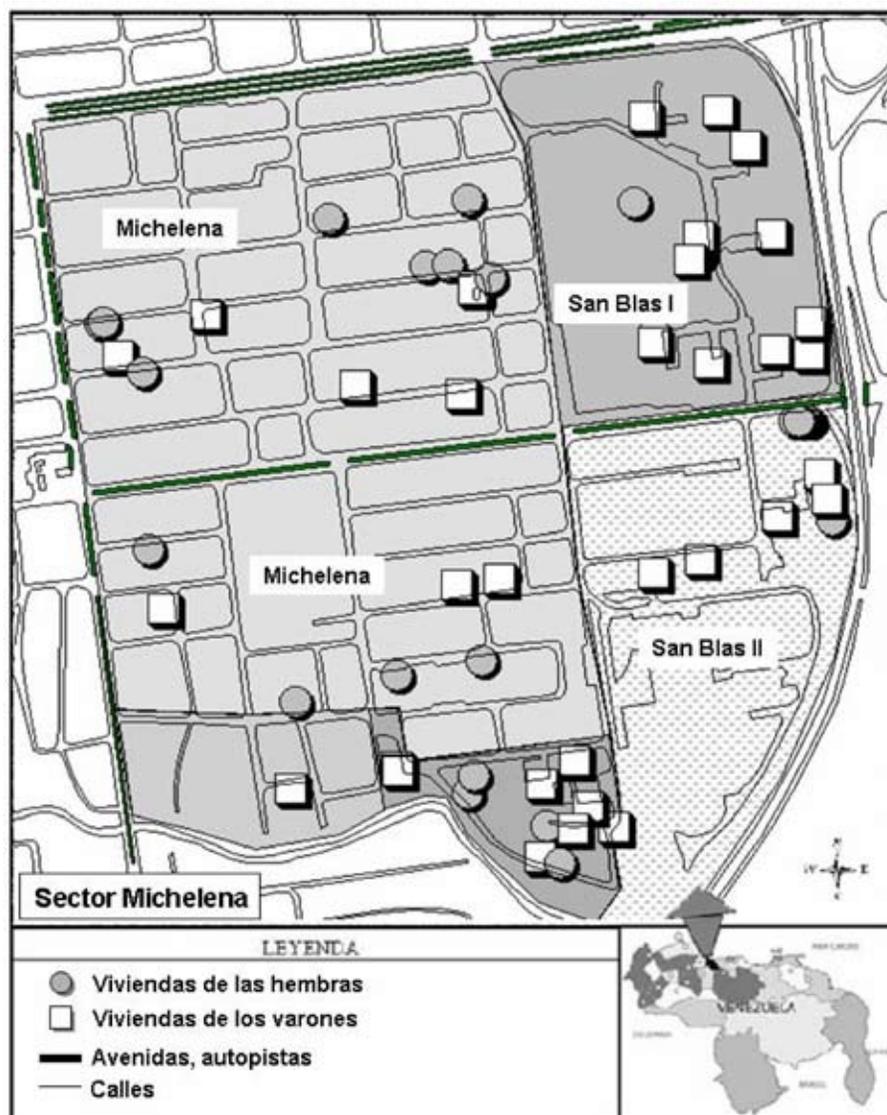


Figura 1. Ubicación especial de la zona en estudio y distribución de las residencias de los niños estudiados de acuerdo al sexo.

distribución de agua de la ciudad³, se realizaron entrevistas a los organismos gubernamentales que se encargan de su administración, mediante las cuales se pudo constatar que las urbanizaciones ubicadas en la zona del estudio datan desde 1950 y que las mismas no reciben mantenimiento, sólo se hacen reparaciones

³ Comentado por: Ing. Virgilio Catarí. Director General de Obras Hidráulicas, Gobierno Bolivariano de Carabobo, Secretaría de Obras Públicas y Equipamiento Físico. Venezuela.

esporádicas cuando lo ameritan, incluso existe un proyecto para la sustitución de la actual red por un sistema de mayor eficiencia de distribución en virtud de la demanda de la zona.

La determinación del contenido de Pb-S se efectuó por espectrofotometría de absorción atómica, con un equipo Perkin Elmer 3110, utilizando el método NIOSH 8003 (16), bajo el control de calidad PICC-Pb-S inter-laboratorios del Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral de Zaragoza, España. Se tomó como valor permisible de Pb-S el establecido por el CDC de Atlanta para la población infantil (<10

$\mu\text{g/dL}$) (1).

Se tomaron muestras de agua de grifo y polvo de piso de 59 casas, siguiendo las recomendaciones de muestreo señaladas en el "Manual de Procedimientos en la Toma de Muestras Biológicas y Ambientales para Determinar Niveles de Plomo" de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (17). Un hogar no pudo ser muestreado debido a que no se logró contactar a sus habitantes en los días de muestreo. La evaluación de estas muestras se realizó por espectrofotometría de absorción atómica a la llama, utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer 3110, siguiendo el procedimiento del manual de garantía de calidad de la Universidad de Cincinnati, EE.UU (18).

Con respecto a la toma de muestra de agua en las casas, ésta fue la primera descargada del grifo. Es importante destacar que se seleccionó sólo esta muestra pues diversos autores (19,20), afirman que la primera fracción de agua lleva el más alto contenido de Pb, esto por efecto del estancamiento del agua durante la noche en la tubería.

Se tomó como valor permisible de Pb en polvo de piso (Pb-piso), el establecido por el Registro Federal de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (EPA), ($<40 \mu\text{g}/\text{pie}^2$) (21), y para el Pb en agua de grifo (Pb-agua), el establecido en la Gaceta oficial N° 36.395 de la República de Venezuela ($<10 \mu\text{g/L}$) (22).

Se utilizó el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS versión 10). La distribución de las variables se estudió bajo la técnica de análisis descriptivo y el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, obteniendo como resultado una distribución normal en las variables de Pb-S y Pb-agua, mientras que la de Pb-polvo mostró una distribución no paramétrica. Se utilizaron las pruebas: t-Student para una muestra, y la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para muestras independientes. Se evaluó la asociación entre VSLP de Pb-S y Pb-agua en varones mediante análisis bivariable (χ^2), y la relación entre los niveles de Pb-S y Pb-agua de todos los niños, por el modelo de regresión lineal simple. El coeficiente de correlación de Spearman fue utilizado para analizar la relación entre los niveles de Pb-S y Pb-polvo de la población en general. El nivel de significación aceptado fue $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

La distribución de la población estudiada, según

los valores de Pb-S, Pb-agua y Pb-polvo de acuerdo a la zona de procedencia y el sexo, se registran en el Cuadro 1. Igualmente, la distribución espacial de sus viviendas dentro de la zona en estudio, de acuerdo al sexo, se aprecia en la Figura 1.

La media de Pb-S del grupo de niños evaluados ($10,5 \pm 3,0 \mu\text{g/dL}$) no mostró una diferencia superior estadísticamente significativa con respecto al límite permisible establecido por el CDC de Atlanta ($10 \mu\text{g/dL}$) (1). Sin embargo, el 66,7 % de la población presentó VSLP de Pb-S. La distribución de los valores de Pb-S por percentiles 25, 50 y 75 en los varones fueron: $9 \mu\text{g/dL}$, $11 \mu\text{g/dL}$ y $12 \mu\text{g/dL}$, y en las hembras: $7,75 \mu\text{g/dL}$, $10 \mu\text{g/dL}$ y $11 \mu\text{g/dL}$, respectivamente. La media de Pb-S en los varones fue $11,1 \pm 3,1 \mu\text{g/dL}$, y en las hembras $9,5 \pm 2,7 \mu\text{g/dL}$; la media de Pb-S en los varones fue significativamente superior ($P \leq 0,05$), que la media de Pb-S observada en las hembras.

El Cuadro 2 describe la distribución de la población según los valores de Pb-agua y Pb-polvo, de acuerdo al lugar de residencia y los valores de Pb-S.

De las 59 casas muestreadas, el 76,2 % reportaron VSLP de Pb-agua (Cuadro 2), encontrándose la media de éste en $35 \pm 25,5 \mu\text{g/L}$ (Cuadro 1). Esta media fue significativamente superior al límite permisible de Pb-agua establecido por la República de Venezuela ($10 \mu\text{g/L}$) (22).

La media de Pb-agua encontrada en los hogares de los varones ($41,4 \pm 24,3 \mu\text{g/L}$), fue significativamente superior ($P \leq 0,05$) a la encontrada en los hogares de las hembras ($25,5 \pm 24,6 \mu\text{g/L}$).

Al estudiar la relación entre los niveles de Pb-S en los niños, y los niveles de Pb-agua de los hogares, se evidenció que 50,8 % de los hogares que reportaron niveles de Pb-agua superiores al límite permisible, se encontraban niños que también mostraban niveles de Pb-S superiores a su límite permisible. De estos, el 65,7 % correspondieron a los varones.

Al evaluar si existía alguna relación entre el número de varones con VSLP de Pb-S, y los VSLP de Pb-agua observados en sus hogares, se evidenció, que ambas variables se encontraban asociadas ($\chi^2 = 3,978$; $P = 0,046$). No obstante, al estudiar la relación de los niveles de Pb-S y de Pb-agua de todos los niños, a través de la regresión lineal se constató que no hubo relación estadísticamente significativa ($r^2=0,06$, $P = 0,656$).

En cuanto al lugar de residencia, se encontró que el 57,7 % de los niños (Cuadro 2, Figura 1), viven

Cuadro 1

Distribución de los niños estudiados según los valores de Pb-S, Pb-Agua y Pb-Polvo, de acuerdo al sexo y lugar de residencia

Urbanización	Sexo	Pb-S ($\mu\text{g/dL}$)				Pb- agua ($\mu\text{g/L}$)				Pb- polvo ($\mu\text{g/pie}^2$)			
		n	%	X \pm DE	P ⁽¹⁾	n	%	X \pm DE	P ⁽¹⁾	n	%	X \pm DE	P ⁽²⁾
Michelena	Varones	19	54,2	11,1 \pm 3,6	0,25	19	55,8	36,2 \pm 23,2	0,27	19	55,8	17,1 \pm 14,1	0,91
	Hembras	16	45,8	9,9 \pm 2,7		15	44,2	27,4 \pm 22		15	44,2	14,9 \pm 9,4	
	Total	35	100	10,6 \pm 3,2		34	100	32,3 \pm 22,8		34	100	16,1 \pm 12,1	
San Blas I	Varones	11	78,5	10,2 \pm 1,8	0,94	11	78,5	50,3 \pm 28,2	0,45	11	78,5	24,9 \pm 36,8	0,55
	Hembras	3	21,5	10,3 \pm 4,5		3	21,5	35,3 \pm 38,2		3	21,5	20,9 \pm 15,6	
	Total	14	100	10,2 \pm 2,3		14	100	47,1 \pm 29,6		14	100	24,1 \pm 32,9	
San Blas II	Varones	5	45,5	13,2 \pm 2,6	0,06	5	45,5	42 \pm 16,4	0,08	5	45,5	25,1 \pm 23,9	0,17
	Hembras	6	54,5	8,2 \pm 1,8		6	54,5	16 \pm 25,9		6	54,5	11,5 \pm 7,5	
	Total	11	100	10,5 \pm 3,3		11	100	27,8 \pm 25		11	100	17,7 \pm 17,5	
Población general	Varones	35	58,3	11,1 \pm 3,1	0,04	35	59,3	41,4 \pm 24,3	0,01	35	59,3	20,7 \pm 24,2	0,62
	Hembras	25	41,7	9,5 \pm 2,7		24	40,7	25,5 \pm 24,6		24	40,7	14,8 \pm 9,7	
	Total	60	100	10,5 \pm 3		59	100	35 \pm 25,5 ⁽³⁾		59	100	17,7 \pm 16,8	

(1): Significación estadística de la diferencia entre medias considerando el sexo, establecida a través de la prueba t-Student para muestras independientes.

(2): Significación estadística de la diferencia entre medias considerando el sexo, establecida a través de la prueba no paramétrica Mann Whitney.

(3): La media de Pb-agua observada en las residencia de los niños fue significativamente superior ($P < 0,01$) al límite permisible (10 $\mu\text{g/L}$).

Cuadro 2

Distribución de la población según los valores superiores al límite permisible e inferiores de Pb-agua y Pb-polvo de acuerdo al Pb-S y lugar de residencia

Urbanización	Pb-S ($\mu\text{g/dL}$)	Pb-agua						Pb-polvo						Total	
		< 10 $\mu\text{g/L}$			$\geq 10 \mu\text{g/L}$			< 40 $\mu\text{g/pie}^2$			$\geq 40 \mu\text{g/pie}^2$			n	%
		n	% ⁽¹⁾	% ⁽²⁾	n	% ⁽¹⁾	% ⁽²⁾	n	% ⁽¹⁾	% ⁽³⁾	n	% ⁽¹⁾	% ⁽³⁾		
Michelena	< 10	4	11,8	28,5	10	29,4	22,2	14	41,1	25,9	0	0	0	14	41,2
	≥ 10	4	11,8	28,5	16	47,1	35,5	17	50	31,4	3	8,8	60	20	58,8
	Total	8	23,6	57	26	76,5	57,7	31	91,1	56,9	3	8,8	60	34	100
San Blas I	< 10	1	7,1	7,1	4	28,6	8,8	5	35,7	9,2	0	0	0	5	35,7
	≥ 10	1	7,1	7,1	8	57,1	17,7	8	57,1	14,8	1	7,1	20	9	64,3
	Total	2	14,2	14,2	12	85,7	26,5	13	92,8	24	1	7,1	20	14	100
San Blas II	< 10	3	27,3	21,4	1	9,1	2,2	4	36,3	7,4	0	0	0	4	36,4
	≥ 10	1	9,1	7,1	6	54,5	13,3	6	54,5	11,1	1	9	20	7	63,6
	Total	4	36,4	28,5	7	63,6	15,5	10	90,8	18,5	1	9	20	11	100
Población general	< 10	8	13,5	57,1	15	25,4	33,3	23	38,9	42,6	0	0	0	23	38,9
	≥ 10	6	10,2	42,9	30	50,8	66,7	31	52,5	57,4	5	8,4	100	36	61
	Total	14	23,7	100	45	76,2	100	54	91,5	100	5	8,4	100	59	100

(1): % calculado en base al total de residencias por cada urbanización estudiada.

(2): % calculado en base a los totales de la población general según los valores obtenidos de Pb-agua, < 10 $\mu\text{g/L}$ (n = 14) o $\geq 10 \mu\text{g/L}$ (n = 45), respectivamente.

(3): % calculado en base a los totales de la población general según los valores obtenidos de Pb-polvo, < 40 $\mu\text{g/pie}^2$ (n = 54) o $\geq 40 \mu\text{g/pie}^2$ (n = 5), respectivamente.

en la urbanización Michelena, de estos el 53,3 % presentaron VSLP de Pb-S y Pb-agua, representando el 35.5 % del total de los niños muestreados. Es de notar, que tanto en la urbanización Michelena (47,1 %), como en San Blas I (57,1 %) y San Blas II (54,5 %), predominan los niños con VSLP de Pb-S y Pb-agua. (Cuadro 2, Figura 1).

Al agrupar las casas evaluadas por tipo de tubería para las aguas blancas, se encontró que el 52,5 % de ellas son de metal. De igual forma se constató que el 100 % de las casas reciben el suministro de agua por el sistema de acueducto público nacional. Es importante resaltar, que el 80 % de la población estudiada afirmó ingerir agua potable del suministro de la casa, ya sea filtrada, hervida o directamente del grifo.

En relación con los análisis de Pb-polvo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a su valor límite permisible ($40 \mu\text{g}/\text{pie}^2$), ni con respecto al sexo. Tampoco se encontró ninguna asociación significativa entre los niveles de Pb-S de los niños y los valores de Pb-polvo observados en sus casas al utilizar el coeficiente de correlación de Spearman ($r = 0,101$; $P = 0,445$).

DISCUSIÓN

Hasta donde alcanzó la revisión bibliográfica, no se pudieron identificar trabajos nacionales sobre factores ambientales de riesgo (tales como Pb-agua y Pb-polvo), asociados con la presencia de niveles de Pb-S, que fueran comparables con el nuestro.

La legislación venezolana vigente considera $10 \mu\text{g}/\text{L}$ como límite máximo permisible de Pb-agua (22), normativa que concuerda con 3 países de América latina, y con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (23). Sin embargo, instituciones como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), son más exigentes en esta materia y se encuentran trabajando desde el año 2005, en un plan nacional de reducción de contenido de Pb-agua, con la aspiración de llegar a la ausencia total de este elemento (24).

Esta institución considera que valores por encima de los $15 \mu\text{g}/\text{L}$ son establecidos como niveles de acción, los cuales pueden activar requerimientos que incluyen: monitoreo de los parámetros de calidad del agua, tratamiento y control de la corrosión, monitoreo y tratamiento de las fuentes acuíferas, educación pública e inclusive reemplazo de las líneas plomadas de servicio de agua (25).

El presente estudio encontró, que el 76,2 % de las casas muestreadas presentaron niveles de Pb-agua significativamente superiores a los límites recomendados por la legislación venezolana ($35 \pm 25,5 \mu\text{g}/\text{L}$) (22), y otras regulaciones internacionales como la OMS y la EPA (23,25).

Entre las posibles razones de los elevados niveles de Pb-agua encontrados en el presente estudio, está la existencia de tuberías metálicas en el 52,5 % de las casas estudiadas, recibiendo todas ellas suministro por el sistema de distribución de agua del Estado. Estudios realizados por Segura y col. (23), Zietz y col. (10) y el CDC en su semanario *Morbidity and Mortality Weekly Report* (MMWR) (26), han señalado que bajo ciertas condiciones en la tubería de metal pueden ser liberadas cantidades significativas de material con contenido de plomo al agua transportada, puesto que dichas tuberías son generalmente fabricadas con aleaciones de diferentes materiales entre los cuales puede encontrarse el Pb, que de acuerdo a la temperatura, pH y dureza del agua, puede migrar desde la tubería al agua (20,1). En este sentido, Fertmann y col. (19), han señalado que las tuberías con concentraciones de Pb alrededor de los $10 \mu\text{g}/\text{L}$ producen concentraciones más altas de plomo en sangre.

Por otra parte, se observó que el 66,7 % de los niños que se evaluaron, presentaron concentraciones de Pb-S superiores ($10,5 \pm 3,0 \mu\text{g}/\text{dL}$) a lo establecido por el CDC de Atlanta. Este organismo recomienda que cuando un porcentaje importante de los niños en estudio presentan valores que se encuentran en el rango de $10 - 14 \mu\text{g}/\text{dL}$, deben llevarse a cabo actividades primarias de prevención, tales como: monitoreo y vigilancia, evaluación del riesgo y planificación de la prevención del mismo, educación a la comunidad, desarrollo de la infraestructura y reducción del riesgo (1).

Es importante señalar que los VSLP de Pb-S y Pb-agua, encontrados en los varones en comparación con las hembras, coloca a los primeros en una posición de aparente vulnerabilidad que valdría la pena someter a mayores estudios. Este hallazgo es consistente con el resultado obtenido por Rojas y col. (14), en el cual los varones tuvieron niveles del metal en sangre superiores a los de las hembras, aunque no en proporción relevante.

Nuestro trabajo, no logró vincular la contribución de parámetros de exposición ambiental, como el Pb-agua de las tuberías de los hogares, con el aumento de los niveles de Pb en sangre encontrados en los

niños, como efectivamente lo reportaron: el CDC en su semanario MMWR (26), y Fertmann y col. (19), quienes consiguieron una asociación directa entre el aumento de los niveles de Pb-S de toda la muestra, como consecuencia de la exposición a elevados niveles de Pb-agua. Sin embargo, los resultados obtenidos son de importancia y deben ser tomados en cuenta, puesto que tanto los valores promedio de Pb-S como los de Pb-agua, se encuentran en niveles de atención según los organismos internacionales encargados de su regulación (CDC y EPA) (1,25).

En relación al polvo como factor de riesgo ambiental asociado con la presencia de plumbemia, en este estudio no se observó una correlación entre los niveles de Pb-S de los niños y el Pb-polvo de sus hogares ($r = 0,101$; $P = 0,445$). De acuerdo a este resultado, se presume que los niños no tienen contacto directo con un suelo altamente contaminado, debido a que en el área accesible muestreada (área donde el niño pasa la mayor parte del tiempo), los niveles de Pb-polvo se encontraron por debajo del límite permisible ($40 \mu\text{g}/\text{pie}^2$). Hallazgos similares han sido reportados por Shorten y col., (27) quienes evaluaron muestras de polvo en piso siguiendo tres protocolos, obteniendo para el muestreo de áreas accesibles un promedio de $13 \mu\text{g}/\text{pie}^2$, lo que se asemeja a lo encontrado en el presente estudio ($17,7 \mu\text{g}/\text{pie}^2$). Estos resultados sugieren que para el momento de la toma de muestra, las prácticas cotidianas de limpieza de las áreas donde el niño duerme, juega, estudia o realiza actividades de larga permanencia, fueron efectivas para disminuir los niveles de Pb-polvo por debajo del nivel permisible, proporcionando una forma de prevención a la exposición de este metal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de no haber encontrado una asociación estadísticamente significativa entre valores de Pb-S de los niños evaluados y el Pb-agua de sus casas, los resultados de este estudio son relevantes, a fin de tomar medidas preventivas para el cuidado de la salud, para lo cual deben ser considerados varios aspectos.

En primer lugar, los representantes de los niños evaluados, no están bien informados sobre los riesgos a los que están expuestos sus familiares, por la existencia de tuberías metálicas en sus casas (en su mayoría muy antiguas). En segundo lugar, el 100 % de ellos están expuestos al Pb en el agua de las tuberías y el 76,2 % de las muestras de agua, se encontraron en niveles considerados por la EPA como de acción (21).

Ante esta evidencia y como lo sugieren la EPA (21), y Colomer y col. (28), la labor de los servicios públicos de salud y las autoridades competentes en esta materia, debe ser inmediata, planificando y ejecutando programas dirigidos a su prevención y control. Entre ellos se recomienda informarles a los representantes de los niños, sobre la actual situación y los correctivos que deben tomarse, a fin de mejorar la calidad del agua proveniente de la red de distribución y que es de consumo humano. Para ejecutar estas acciones se podrían seguir las sugerencias emitidas por los organismos correspondientes, sobre la salud del niño y su exposición a los peligros medioambientales, con políticas que los protejan desde su gestación (29).

Se sugieren estudios posteriores, con un mayor tamaño de muestra, donde se consideren factores adicionales y análisis especiales, que puedan integrarse al presente trabajo, para determinar de forma más concluyente los principales predictores de niveles elevados de Pb-S en la población investigada.

REFERENCIAS

1. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Preventing lead poisoning in young children: A statement by the Centers for Disease Control. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1991.
2. Tong S, Von Schimming Y, Prapamontol T. Environmental lead exposure: A public health problem of global dimensions. *Bull World Health Organ.* 2000;78:1068-1077.
3. Albert L. Curso básico de toxicología ambiental. Metepec: Limusa Noriega, S.A., 1997:105-121.
4. Garza A, Chavez H, Vega R, Soto E. Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo. *Salud Mental.* 2005;28(2):48-58.
5. Wang L, Xu S, Zhang G, Wang W. Study of lead absorption and its effect on children's development. *Biomed Environ Sci.* 1989; 2:325-330.
6. Bellinger D. Lead. *Pediatrics.* 2004;113:1016-1022.
7. Rom W. Environmental and Occupational Medicine. USA (Boston): Little, Brown and Co.; 1992.
8. Aguilar J, Más P, Romero M, Garcia R, Sardiñas O, Orris P. Niveles de plomo en sangre y factores asociados, en niños del municipio de Centro Habana. *Rev Cubana Hig Epidemiol.* [online] 2003 ene.-abr, vol.41, no.1 [accesado 21 Mayo 2008], p.0-0. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?>

PLOMO EN SANGRE Y FACTORES AMBIENTALES ASOCIADOS

9. García O, Elizari M, Carné E, Valero A, Vall O. Niveles sanguíneos de plomo en niños de un barrio de Barcelona. *An Pediatr (Barc)*. 2003;59(5):500-506.
 10. Zietz B, Vergara J, Kevekordes S, Dunkelberg H. Lead contamination in tap water of households with children in Lower Saxony, Germany. *Sci Total Environ*. 2001;275:19-26.
 11. Guevara E. Perspectiva universitaria de la situación ambiental y ecológica de Carabobo. *Tiempo Universitario UC*. 19 Marzo 2001:36-38.
 12. Centro de asesoramiento Toxicológico (CATOX). Libro de actividades diarias 2000. Venezuela: CATOX; 1989.
 13. Espinosa C, Rojas M, Seijas D. Perfil socioeconómico de adultos monitorizados por exposición a plomo. CITUC período 1998-2000. *Rev Toxicol*. 2003;20(1): 27-32.
 14. Rojas M, Espinosa C, David S. Asociación entre plomo en sangre y parámetros socio-demográficos en población infantil. *Rev Saude Publica*. 2003;37(4):503-509.
 15. Espinosa C, Rojas M, David S. El sistema geográfico de información y su utilidad en la identificación de factores contribuyentes a las concentraciones de plomo en sangre en una población infantil venezolana. *Salud Pública Méx*. 2006;48(2):84-93.
 16. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). Lead in blood and urine: Method 8003. En: Eller PM, Cassinelli ME, editores, NIOSH Manual of analytical methods. 4ª edición. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, 1994.
 17. Carreon T, López L, Romieu I. Manual de procedimiento en la toma de muestras biológicas y ambientales para determinar niveles de plomo. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud división de salud ambiental. OPS, OMS. Metepec, Estado de México, México, 1995.
 18. Roda, S. Laboratory quality control and quality assurance plan. The hematology and environmental labs of Kettering Laboratory. University of Cincinnati, 1996.
 19. Fertmann R, Hentschel S, Dengler D, Janßen V, Lommel A. Lead exposure by drinking water: An epidemiological study in Hamburg, Germany. *Int J Hyg Environ Health*. 2004;207:235-244.
 20. Clement M, Seux R, Rabarot S. A practical model for estimating total lead intake from drinking water. *Wat Res*. 2000;34(5):1533-1542.
 21. Federal Register. Environmental Protection Agency; Lead; identification of dangerous levels of lead; Final rules; January 5. Rules and Regulations. 2001;66(4):1207-1240.
 22. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. "Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable". Año CXXXV, Mes V, No. 36395, febrero 1998.
 23. Segura S, Beltramini T, Takayanagui A, Hering S, Cupo P. Metales pesados en agua de bebederos de presión. *Arch Latinoam Nutr* 2003;53(1):59-64.
 24. Environmental Protection Agency (EPA). Fact Sheet- Drinking water lead reduction Plan-EPA activities to improve. Implementation of the Lead and cooper rule [serial: EPA810-F-05-001] 2005 marzo [C>Accesado: 2007 enero 20]. Disponible en: http://www.epa.gov/leadcopperrule/reductionplan_fs.html
 25. Environmental Protection Agency (EPA). Lead and Cooper rule: A quick reference guide [serial: EPA 816-F-04-009] 2004 marzo [Accesado: 2007 enero 20]. Disponible en: <http://www.epa.gov/safewater/lcrrm/index.html>
 26. Blood lead levels in residents of homes with elevated lead in tap water-District of Columbia. *Morb Mortal Wkly Rep*. 2004;53(12):268-270.
 27. Shorten C, Hooven M. Methods of exposure assessment: Lead-contaminated dust in Philadelphia Schools. *Environ Health Perspect*. 2000;108(7):663-666.
 28. Colomer C, Colomer J, Mercer R, Peiró R, Rajmil L. La salud en la infancia. *Gac Sanit*. 2004;18(Suppl 1):39-46.
 29. Children's health and environment: A review of evidence. World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe and Environment Agency. Luxembourg: Office fo Official Publications of the European Communities, 2002. Environmental issue report No. 29.
- Correspondencia: Carlos Espinosa. Centro de Investigaciones Toxicológicas (CITUC). Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Calle 144 No. RIO-211, La Ceiba. Valencia. Estado Carabobo, Venezuela.
Teléfono: 0241-8247256; Telefax:0241-8237530; Apartado postal: 2002.
Correo electrónico: cituc@intercable.net.ve; cespinosa@uc.edu.ve