

Asociación entre plomo en sangre y parámetros sociodemográficos en población infantil

Association between blood lead and sociodemographic parameters among children

Maritza Rojas, C Espinosa y D Seijas

Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC). Valencia, Venezuela

Descriptores

Exposición a riesgos ambientales. Plomo, sangre. Envenenamiento por plomo. Sistemas Geografía de Información.

Resumen

Objetivo

Establecer la relación entre concentración de plomo en sangre (Pb-S) y parámetros demográficos y socioeconómicos, en una población infantil.

Metodos

Se estableció la relación entre la concentración de plomo en sangre (Pb-S), de 243 niños (promedio de edad $5,94 \pm 2,78$ años), que asistieron al Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC), Venezuela (periodo 1998-2000). Se utilizó tecnología de Sistemas Geográficos de Información (SGI), ubicando espacialmente a los niños, asociando de forma gráfica la procedencia de éstos con los resultados analíticos.

Resultados

El promedio de Pb-S de la población total (11,62 ug/dl), fue significativamente superior al límite permisible (CDC=10 ug/dl). El número de niños con valores superiores al límite permisible de Pb-S (VSLP) [150; 61,7%], fue significativamente alto ($p < 0,01$) con respecto a la población total. Al asociar mediante regresión logística, la frecuencia de niños con VSLP con los sectores de procedencia, se demostró que los sectores 12, 16 y 28 presentaron correlaciones parciales directas significativas ($R=0,1189$; $p \leq 0,01$; $R=0,1202$, $p \leq 0,01$ y $R=0,1189$; $p \leq 0,01$ respectivamente). Al asociar la frecuencia de niños con VSLP y su categorización socioeconómica, el análisis de regresión logística reveló que para los niños con VSLP, la probabilidad de pertenecer a la categorización C se incrementa en un factor de 7.286.

Conclusiones

El estudio confirma que la utilización de SGI y métodos epidemiológico-estadísticos, extiende las posibilidades de prevención de enfermedades producidas por contaminantes como el Pb y que correlacionando datos geográficos y de salud, se pueden identificar áreas de "alto riesgo", conduciendo a una acción pro-activa de salud pública.

Keywords

Environmental exposure. Lead, blood. Lead poisoning. Geography Information systems.

Abstract

Objective

To determine the relationship between blood lead concentration (Pb-S), and sociodemographic parameters among children.

Methods

Blood lead concentration (Pb-S) was determined in 243 children (aged 5.94 ± 2.78

Correspondencia para/ Correspondence to:

Maritza Rojas
CITUC
Calle 144 # RIO-211. La Ceiba, Valencia,
Venezuela
E-mail: martini@telcel.net.ve

Recibido en 30/4/2002. Representado en 22/11/2002. Aprobado en 18/2/2003.

years) in the district of Valencia. The required analysis was performed at the Center for Toxicological Investigations of University of Carabobo (CITUC), Venezuela, between January 1st, 1998 to December 31st, 2000. Geographical Information Systems (GIS) technology was used for data mapping.

Results

Average Pb-S (11.62 ug/dl) was significantly higher than the allowed levels. One hundred and fifty (61.7%) children had Pb-S levels above the allowed concentration (VSLP) and this amount was significantly high in relation to the total number of subjects studied. The logistic regression analysis showed a significant association of sectors 12 (status A) and 16 and 28 (status C) with VSLP ($R=0.1189$; $p\leq 0,01$; $R=0.1202$, $p\leq 0,01$ and $R=0.1189$; $p\leq 0,01$, respectively). Odds ratio showed that children from status C are 7,286 times more likely to have Pb-S VSLP than those from A or B.

Conclusions

This study confirms that SGI and epidemiological-statistical methods widen the possibilities of preventing contaminants' adverse health effects. It also shows that correlating geographical and health data has allowed to identifying "high risk" areas, leading to a pro-active public health action

INTRODUCCIÓN

Aunque en general el problema de la exposición a plomo (Pb) ha venido decreciendo en países en desarrollo (PD), la contaminación crónica por exposición a bajos niveles continúa siendo un problema importante de salud en la población infantil y sus efectos deletéreos han sido extensamente descritos en la literatura.¹⁶ La contaminación es un problema global que deben encarar todas las sociedades. Sin embargo, no es menos cierto que la desigualdad en la distribución de los riesgos ambientales se ha incrementado y ha dado origen a una abundante literatura que toca el problema desde diferentes facetas. El tema de la "justicia ambiental" estudia factores como raza, pobreza, ambiente, cercanía a zonas contaminadas, minorías, etc., tratando de estimar cuánto pueden influenciar éstos en la aparición de patologías y en sus formas de prevención y control. Las diferencias adquiridas por susceptibilidad afectan la calidad de vida y por ende, las condiciones de salud de la población infantil. Se sabe que ésta es más vulnerable a la acción del Pb por diversos factores suficientemente reportados en la literatura.⁸

Valencia, capital del Estado Carabobo (Venezuela), es la principal ciudad industrial del país y su explosión demográfica en los últimos años ha generado un deterioro ambiental que atenta contra la calidad de vida de sus habitantes. La ausencia en este Estado de una labor institucional de seguimiento, registro y control de fuentes de contaminación ambiental (entre ellas el Pb, objeto de este estudio), impiden el contar con información estadística apropiada que permita asociar

determinadas patologías de la población con parámetros como condiciones socio-demográficas, económicas, etc. La inexistencia (hasta donde se revisó la literatura), de trabajos previos acerca de la contribución de la zona geográfica donde habita la población seleccionada, unido a su condición socioeconómica, con respecto a sus indicadores de exposición al Pb, justifican el empleo de métodos indirectos para estimar fuentes de exposición y efectos adversos derivados de las mismas. La tecnología de SGI, permite integrar las estructuras de los mapas de un área específica con información relacionada con predictores de salud, permitiendo establecer indicadores sociodemográficos que constituyen elementos estratégicos útiles para la planificación, gestión y evaluación de programas de salud, así como para comparar los distintos grupos sociales y la contribución de estas variables a los potenciales efectos adversos del metal en estudio.¹⁷

El Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC), ubicado en Valencia, tiene entre otras funciones la realización de análisis toxicológicos al público en general. Los datos derivados de estos análisis, registrados a través de los años, permiten correlacionar y estimar, con base estadística, características individuales y ambientales de quien acude a solicitar nuestros servicios. Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo fue establecer la relación entre los resultados de Pb-S (como indicador biológico de exposición al Pb), de niños que asistieron al servicio de laboratorio del CITUC a realizarse este análisis y parámetros como edad, área de residencia y categorización socioeconómica.

MÉTODOS

Es una investigación descriptiva, de corte longitudinal y de carácter retrospectivo. La población estuvo constituida por 243 niños, de 1-12 años de edad, promedio $5,94 \pm 2,78$ años, registrados en los archivos del CITUC por análisis de Pb-S, residenciadas en el Distrito Valencia (municipios Valencia y Naguanagua). Estos acudieron al laboratorio de este Centro a realizarse este análisis, en el período desde el 1 de Enero, 1998 al 31 de Diciembre, 2000.

Los datos fueron obtenidos de la base de datos SICAT (Sistema de Información para el Control de Análisis Toxicológicos), desarrollado por el CITUC e implantado a partir del año 1998. Los datos de cada niño se ubicaron espacialmente en un SGI compuesto por: Mapa digitalizado del Distrito Valencia (Figura), datos geo-referenciales ó espaciales (zona de procedencia) y datos del niño ó tabulares (nombre, edad, sexo y niveles de Pb-S). La digitalización del mapa y ubicación espacial de los niños dentro de él (capa), fue realizada por expertos (del Departamento de Informática en Defensa Civil del Estado Carabobo), en MAPINFO Profesional V6.5. Tanto los datos tabulares como los espaciales se obtuvieron del SICAT. Se dividió en 31 sectores de igual proporción territorial (Tabla 1 y Figura 1). Estas sectorizaciones están basadas en el Instructivo para la Asignación de zonas del Sistema de Pre-aprobaciones de Crédito automotor del Banco Federal para Valencia y su clasificación según estrato socioeconómico se estableció, aplicando el “Estudio Nacional de Crecimiento y Desarrollo Humanos de la República de Venezuela”, realizado por FUNDACREDESA.⁶ El método consiste en la estratificación social basada en variables sociodemográficas, modificado y adaptado para uso en Venezuela. La distribución de los individuos estudiados según sector de procedencia y estrato socioeconómico, se describen en la Tabla 1.

La cuantificación de Pb-S se efectuó por espectrometría de absorción atómica, con un espectrofotómetro Perkin Elmer 3.110, utilizando el método 8003 de NIOSH³ bajo el programa de control de calidad externo PCCC-Pb-S del Instituto de Seguridad e Higie-

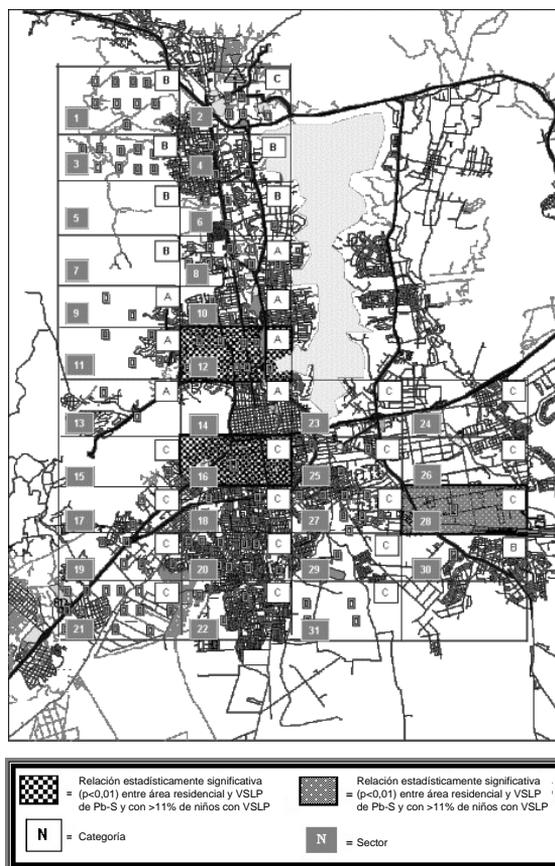


Figura - Distrito Valencia, sectorización, categorización socio-económica y asociación entre los VSLP de Pb-S y el sector de procedencia.

ene, Zaragoza, España. La extracción de sangre se realizó por punción venosa en tubos heparinizados que fueron refrigerados hasta el momento de su análisis. Se tomó como valor permisible el establecido por el Centers for Diseases Control and Prevention (CDC) de los Estados Unidos, para la población infantil ($<10 \text{ ug/dl}$).²

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS), versión 9. Se utilizó la prueba T para muestras independientes, la prueba T para una muestra, la prueba Chi2 para una muestra, la regresión logística binaria (modelo Enter) y el coeficiente de correlación de

Tabla 1 – Distribución de los sectores de procedencia de los niños estudiados según estrato y categorización socioeconómica.

Estrato*	Descripción*	Categori-zación*	Sectores estudiados [n]	%/ 31	Individuos/ sector	%/ total individ.
I	Alta calidad de vida	A	7	22,5	82	33,74
II	Muy buena calidad de vida					
III	Satisfactoria calidad de vida	B	7	22,5	81	33,34
IV	Pobreza Relativa y/o crítica	C	17	54,8	72	29,62
	Sin ubicación conocida				8	3,29
Total			31	100	243	100

*Fuente: FUNDACREDESA.⁶

Pearson. El nivel de significación aceptado fue $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Durante el período 1998-2000, 243 niños provenientes del Distrito Valencia, fueron llevados por sus representantes para realizarles análisis de Pb-S, en el CITUC. De éstos, 144 (59%), eran varones y 99 (41%), eran hembras, cuyos promedios de Pb-S (X) fueron de $12,08 \pm 5,53$ y $10,95 \pm 5,54$ ug/dl, respectivamente, no encontrándose una diferencia significativa entre éstos (Prueba T para muestras independientes, $p > 0,05$). La Tabla 2 muestra la distribución de los promedios de Pb-S y los Valores Superiores al Límite Permissible (VSLP), obtenidos, según año en estudio y categorización socioeconómica. El promedio de Pb-S de la población total (11,62 ug/dl), fue significativamente superior al Límite Permissible definido por el CDC (< 10 ug/dl) (Prueba T para una muestra, $p < 0,01$). El número de niños con VSLP [150; 61,7%] fue significativamente alto con respecto a la población total (243

(Prueba Chi,2 $p < 0,01$). Al analizar los sectores geográficos de procedencia observamos que los sectores 12 (de A) y 16 (de C), resultaron con los porcentajes más elevados de individuos con VSLP (14,66 y 11,33% respectivamente) (Figura). Al plantearse la asociación entre la frecuencia de niños con VSLP de Pb-S y cada uno de los sectores de procedencia, utilizando el método de regresión logística, los sectores 12 (de A) y 16 y 28 (de C), presentaron correlaciones parciales directas significativas ($R = 0,1189$, $p \leq 0,01$; $R = 0,1202$, $p \leq 0,01$) y $R = 0,1189$; $p \leq 0,01$ respectivamente). El análisis de Regresión Logística (a través del *Radio de Odds*) reveló que para los niños con VSLP de Pb-S, la probabilidad de pertenecer a la categorización socioeconómica C se incrementa en un factor de 7.286 ($p < 0,05$) (Tabla 3). La asociación entre las edades de los niños y los resultados de Pb-S, resultaron en una relación inversa ($r = -0,030$), pero no significativa. Al repetir esta misma asociación considerando la categorización socioeconómica como variable de confusión, resultó igualmente no significativa.

Tabla 2 – Distribución de los promedios de Pb-S en la población total y los valores superiores al límite permisible, obtenidos, según año en estudio y categorización socioeconómica.

Año/ Categorización	N	Pb-S [ug/dl]			Rango	N	%*	%**	VSLP de Pb-S [ug/dl]			X	DE	Rango
		%**	X	DE					%***	%****	X			
1998	A	6	2,46	5,66	4,67	0-13	1	0,41	16,66	0,66	13	0	13-13	
	B	4	1,64	11,75	7,63	5-22	2	0,82	50,00	1,33	17,50	6,36	13-22	
	C	2	0,82	12	0	12-12	2	0,82	100	1,33	12	0	12-12	
	S/U	7	2,88	7,57	3,73	3-15	1	0,41	14,28	0,66	15	0	15-15	
	Total	19	7,81	8,31	5,20	0-22	6	31,57	2,46	4	14,50	3,83	12-22	
1999	A	25	10,28	12,05	5,22	1,9-4,6	17	6,99	68,00	11,33	14,75	3,85	10-24,6	
	B	24	9,87	11,11	6,59	2,5-2,8	11	4,52	45,83	7,33	16,65	5,52	10,2-28	
	C	25	10,28	12,66	4,82	3-23	19	7,81	76,00	12,66	14,66	3,48	10-23	
	S/U	1	0,41	15	0	15-15	1	0,41	100	0,66	15	0	15-15	
	Total	75	30,86	11,99	5,51	1,9-2,8	48	64,00	19,75	32	15,16	4,11	10-28	
2000	A	51	20,98	10,93	5,06	2-21	31	12,75	60,78	20,66	14,24	3,37	10-21	
	B	53	21,81	11,95	5,01	0-21	35	14,40	66,03	23,33	14,77	3,09	10,5-21	
	C	45	18,51	12,78	6,44	0-32,1	30	12,34	66,66	20,00	15,79	5,64	10-32,10	
	Total	149	61,33	11,85	5,51	0-32,1	96	64,42	39,50	64,00	14,91	4,14	10-32,10	
Total		243	100	11,62	5,55	0-32,1	150		61,7		100	14,97	4,09	10-32,1

*% calculado con base en el total de niños/año.

**% calculado con base en la totalidad de la población estudiada [243].

***% calculado con base en la totalidad de niños por categoría socioeconómica (A, B ó C).

****% calculado sobre el total de individuos evaluados con VSLP [150].

VSLP = Valores superiores al límite permisible.

S/U = Sin ubicación conocida, DE = Desviación estándar.

Tabla 3 – Distribución de la población según promedios de Pb-S (X) y VSLP, y regresión logística entre VSLP y categorización socioeconómica.

Categorización	N	Población total		N	Población con VSLP			Regresión Logística		
		X*	%**		X*	%**	%***	OR****	R*****	P
A	82	10,88	33,74	49	14,39	20,16	59,75	4,455	0,0586	NS
B	81	11,69	33,34	48	15,31	19,75	59,25	4,364	0,0563	NS
C	72	12,71	29,62	51	15,22	20,98	70,83	7,286	0,1021	$p < 0,05$
Sin ubicación conocida	8	8,5	3,29	2	15	0,82	25			
Total	243	11,62	100	150	14,97	61,7	61,7			

*Promedio de Pb-S en ug/dl.

**% calculado sobre el total de la población estudiada [243].

***% calculado sobre el total de la población de cada estrato con VSLP.

****Radio de Odds.

*****Coeficiente de correlación parcial.

NS: No significativo

La Tabla 4 muestra el número de niños con VSLP, según grupo etario y categorización socioeconómica. Se observa que el mayor número de niños con VSLP de Pb-S (70/150=46,67%), se encuentran en el rango de edades de 5-8 años y del total de los 21 niños con niveles de Pb-S entre 19,1 y 32,1 ug/dl, 10 (47,62%), también están en ese rango de edad. Igualmente están en ese grupo etario, más de la mitad (27=51,92%), de los 52 niños cuyos valores de Pb-S resultaron entre 14,1 y 19 ug/dl. El mayor número de niños con VSLP de Pb-S provienen de la categoría C (51/150=34%), seguido de la A (49/150=33%). Como era de esperarse, la frecuencia de niños con valores de Pb-S entre 19,1 y 32,1 ug/dl, se incrementó en la medida en que la categorización socioeconómica de la calidad de vida fue más baja (Tabla 4).

DISCUSION

El presente estudio permitió estudiar la influencia de factores como la zona de procedencia/residencia, en la potencial contaminación con Pb, de una población infantil seleccionada en el Distrito Valencia, Estado Carabobo. La investigación demostró que se pueden inferir y establecer, los riesgos de contaminación de una población determinada, al conocer parámetros modificantes como los acá mencionados.

Aunque se han publicado diversos trabajos que describen la asociación entre condiciones socio-demográficas y niveles de Pb-S en poblaciones seleccionadas,^{9,12} existe una variación considerable entre las condiciones particulares de cada región del mundo. En la búsqueda bibliográfica realizada no se

encontró otro estudio de niños en Valencia, donde se haya usado un SGI para estimar los factores ambientales contribuyentes al riesgo de exposición a sustancias tóxicas, de acuerdo a sus circunstancias socio-demográficas.

Basados en la toxicidad conocida del Pb en los niños de las edades estudiadas, nuestros hallazgos podrían tener implicaciones importantes. De 31 sectores estudiados 17 (54,83%), pertenecen a la categoría socioeconómica C (Tabla 1), y de éstos, 8 (47,05%) se encuentran localizados en el sur del Distrito (Figura), donde se ubica un número elevado de industrias potencialmente contaminantes y una alta densidad de población. Como se observa, el promedio de Pb-S de la población total (11,62 ug/dl), fue significativamente superior al Límite Permisible acordado por el CDC, de los Estados Unidos (<10 ug/dl),² aunque resultó menor que el hallado en el estudio realizado en Uruguay por Shutz et al¹⁵ (1997), que fue de 9,6 ug/dl, siendo nuestro rango más amplio que el de ellos. Igualmente, nuestro porcentaje de niños con VSLP, fue de 61,7%, comparado con el de ellos, que fue sólo de 36% y el nuestro resultó significativamente superior con respecto a la población general.

La exposición a Pb se ha encontrado que produce efectos adversos (principalmente neurológicos), a dosis tan bajas como 10 ug/dl. Basados en el hecho de que con niveles <10 ug/dl se observan efectos sobre el SNC y disminución del crecimiento y con valores de alrededor de 20 ug/dl, la Hemoglobina disminuye al igual que la Vit D,¹⁶ este hallazgo es de notable relevancia. El estudio de Wang et al¹⁸ (1989), estimó

Tabla 4 – Distribución de los niños estudiados que presentaron VSLP de Pb-S, según grupo etario y categorización socioeconómica de procedencia.

VSLP (ug/dl)	Rangos de edades (en años)														
	N	%*	1-4 %**	5-8 %***	N	%*	5-8 %**	9-12 %***	N	%*	9-12 %**	14-19 %***	N	Total %**	%***
Categoría A															
10-14	8	50,00	5,33	29,63	10	45,45	6,67	37,04	9	81,82	6,00	33,33	27	18,00	100
14,1-19	6	37,50	4,00	37,50	8	36,36	5,33	50,00	2	18,18	1,33	12,50	16	10,67	100
19,1-32,1	2	12,50	1,33	33,33	4	18,18	2,67	66,67					6	4,00	100
Total A	16	100	10,67	32,65	22	100	14,67	44,90	11	100	7,33	22,45	49	33	100
Categoría B															
10-14	9	75,00	6,00	37,50	11	44,00	7,33	45,83	4	36,36	2,67	16,67	24	16,00	100
14,1-19	1	8,33	0,67	5,88	11	44,00	7,33	64,71	5	45,45	3,33	29,41	17	11,33	100
19,1-32,1	2	16,67	1,33	28,57	3	12,00	2,00	42,86	2	18,18	1,33	28,57	7	4,67	100
Total B	12	100	8,00	25,00	25	100	16,67	52,08	11	100	7,33	22,92	48	32	100
Categoría C															
10-14	11	50,00	7,33	42,31	12	52,17	8,00	46,15	3	50,00	2,00	11,54	26	17,33	100
14,1-19	7	31,82	4,67	41,18	8	34,78	5,33	47,06	2	33,33	1,33	11,76	17	11,33	100
19,1-32,1	4	18,18	2,67	50,00	3	13,04	2,00	37,50	1	16,67	0,67	12,50	8	5,33	100
Total C	22	100	14,67	43,14	23	100	15,33	45,10	6	100	4,00	11,76	51	34	100
Sin ubicación conocida															
14,1-19	2	100	1,33	100									2	1,33	
Total	52	100	34,67		70	100	46,67		28	100	18,67		150	100	

*% calculado sobre el total de niños en cada rango de edad con VSLP.

**% calculado sobre la totalidad de niños con VSLP [150].

***% calculado sobre la totalidad de niños por cada rango de Pb-S.

que un aumento de 10 ug/dl de Pb-S, resultaría en una disminución del Coeficiente Intelectual (CI) verbal, de 8 puntos; CI de ejecución de 7 puntos y CI escala full, de 9 puntos. Es conveniente anotar que estudios realizados en niños, por Bergomi et al¹ (1989), y Fulton et al⁵ (1987), coinciden con nuestro promedio de Pb-S, ya que el de ellos fue 11 y 11,5 ug/dl respectivamente. Por otra parte, el promedio de Pb-S obtenido es menor a los niveles reportados por Mayan et al¹⁰ en Oporto, Portugal, donde el promedio fue de 13,94 ug/dl en los niños estudiados y donde el 85,8% de los mismos resultó con VSLP, y a los reportados por Romieu et al¹⁴ (1995) en niños de Ciudad de México.

En lo que respecta al sexo, nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Jiménez et al⁷ (1993), cuyas concentraciones de Pb-S en niños fueron mayores a las de las niñas, pero sin una diferencia significativa entre éstos. Se ha determinado que la inhalación de polvo o gasolina con Pb, contribuyen a la carga corporal del metal en niños. Se estima que por cada g/m³ de Pb-aire, se aumenta la concentración de Pb-S en 5-6 ug/dl. Venezuela es una país donde aún existe un elevado consumo de gasolina con Pb. Sin embargo, este consumo ha venido gradualmente disminuyendo a través de los años, por lo tanto, el hallazgo de los niveles más bajos de Pb-S, en el primer año de estudio, era inesperado. Es importante destacar que en un primer trabajo de este mismo estilo realizado por los autores,⁴ en una población adulta, la zona más crítica encontrada fue también la C, con una relación significativa entre el sector 16 (de C) con los niveles de Pb-S (al igual que el presente estudio), por lo que se puede con ello significar la consistencia de que la zona de residencia es modificadora de los niveles de Pb-S en la población que habita los sectores de la mencionada categoría. Según se puede apreciar en el trabajo de Olaiz et al¹² (1996), coincidimos con ellos en la relación significativa encontrada entre área residencial y concentraciones de Pb-S.

Los sectores encontrados más vulnerables en este estudio son los 16,18,20 y 28 (de C), donde más del 80% de los niños de cada uno de estos sectores tienen VSLP > 80%. La asociación entre la frecuencia de VSLP de Pb-S y los sectores de procedencia muestran una asociación significativa ($p < 0,01$), en los sectores 12 (de A) ($R = 0,1189$), y los 16 y 28 (de C), ($R = 0,1202$ y $0,1189$ respectivamente) (Figura).

Los sectores pertenecientes a la categoría C (definida como de pobreza relativa o crítica), tienen industrias contaminantes cercanas, tráfico pesado y carencias nutricionales que hacen susceptible a esa población. Los niveles elevados de Pb-S de los niños

residentes en la A (clasificada como de calidad de vida "alta o buena"), podrían explicarse si tomamos en cuenta que esta zona está ubicada en forma contigua a una autopista periférica, muy transitada por vehículos transeúntes, inter-estatales y la atraviesan dos importantes arterias viales internas, de la ciudad. Además de esto, es una zona densamente poblada. Este hallazgo contrario a lo esperado (si analizamos su condición socioeconómica), es consistente con trabajos anteriores que también encontraron que en zonas de clase alta, la población estudiada presentaba niveles mayores de Pb-S.^{11,13}

En el caso de los sectores ubicados en la categoría C, es importante considerar las condiciones socioeconómicas de esta población. En términos dietéticos, siendo que el Pb en su mecanismo de acción tóxica interactúa con componentes esenciales del organismo, la dieta baja en nutrientes esenciales, propia de gran parte de la población en países en desarrollo y de esta área en particular, favorece la acción biológica del metal. Deficiencias en proteínas, aminoácidos, ciertas vitaminas y elementos esenciales, han mostrado reducir la inmunocompetencia, y en particular, la carencia de proteínas, Fe y Zn, aumenta la absorción de Pb. Por otra parte, la insuficiencia de adecuados servicios públicos de saneamiento (Ej. agua potable) en esta zona y de una infraestructura apropiada para controlar la contaminación, agravan la problemática de susceptibilidad. Una buena proporción de estas viviendas son muy antiguas, de bajo estándar de calidad y probablemente pintadas con pintura con contenido de Pb. Igualmente, la presencia de tuberías metálicas en las casas y su deterioro, puede liberar cantidades no determinadas ni monitoreadas de Pb al agua. La falta de recursos para eliminar residuos sólidos, la contaminación atmosférica por las industrias de la zona, el tráfico pesado, el ruido y el hacinamiento, también favorecen la vulnerabilidad de la población allí residente.

En conclusión, el presente estudio confirma que la utilización de tecnología de SGI como el MAPINFO y métodos epidemiológico-estadísticos, extienden las posibilidades de monitorear y prevenir enfermedades producidas por contaminantes ambientales (como el Pb), permitiendo la formulación de hipótesis del análisis espacial, con relación a problemas por exposición a variados agentes tóxicos. Correlacionando datos socio-demográficos y de indicadores de salud, se pueden identificar áreas de "alto riesgo", conduciendo a una acción pro-activa de salud pública. La aplicación de SGI puede ser usada, junto a una batería de pruebas, en programas de tamizaje, aumentando así la probabilidad de detectar individuos sensibles al Pb, ya que el Pb-S indicaría el estado-

estable de la carga corporal y los SGI, la ubicación espacial según estratos geo-socio-económicos.

Para determinar en forma más concluyente los principales predictores de niveles elevados de Pb-S y por el impacto del metal en la salud de los niños, existe la necesidad de evaluar posteriormente, factores adicionales que pueden afectar el riesgo de exposición, por ejemplo: características de los hogares de cuidado diario o de las escuelas que los niños atienden y donde pasan parte importante del día; fecha de construcción del hogar y años viviendo allí; presencia y estado de pintura a base de Pb; dieta; utensilios para cocinar; concentración de Pb en medios ambientales (aire, suelo, polvo, agua, alimentos), patrones de exposición (períodos críticos, rutas); daño

neuropsicológico; hábitos higiénicos, hábito mano-boca; ocupación de los padres. Todos éstos pudiesen integrarse al análisis espacial.

El diseño de programas de vigilancia periódica por parte de las Instituciones pertinentes, en las zonas consideradas como potencialmente críticas, permitirá identificar, prevenir y controlar factores contribuyentes de riesgo.

Las asociaciones encontradas podrían afirmarnos que la zona de procedencia de los niños puede fungir como un predictor de los niveles elevados de Pb-S encontrados, y que es un factor de riesgo, más severo en impacto, que influye en el incremento de la susceptibilidad de las personas en su perfil de salud.

REFERENCIAS

1. Bergomi M, Borelia P, Fantuzzi G, Vivoli G, Sturloni N, Cavazzuti G et al. Relationship between lead exposure indicators and neuropsychological performance in children. *Dev Med Child Neurol* 1989;31:181-90.
2. Centers for Diseases Control and Prevention. *Preventing lead poisoning in young children*. Atlanta: Dept of Health and Human Services; 1991.
3. Eller PM, Cassinelli ME. *NIOSH manual of analytical methods (NMAM)*. Cincinnati (Ohio): National Institute for Occupational Safety and Health; 1994.
4. Espinosa C, Rojas M, Seijas D. Perfil socioeconómico de pacientes adultos monitorizados por exposición a plomo. CITUC: período 1998-2000. *Rev Toxicol* 2003;20:27-32.
5. Fulton M, Raab G, Thompson G, Laxen D, Hunter R, Hepburn W. Influence of blood lead on the ability and attainment of children in Edinburg. *Lancet* 1987;1:1221-6.
6. FUNDACREDESA. Estudio nacional de crecimiento y desarrollo humanos de la República de Venezuela, Proyecto Venezuela. *Caracas: Ministerio de la Secretaría de la Presidencia*; 1990
7. Jimenez C, Romieu I, Palazuelos E, Muñoz I, Cortes M, Rivero A et al. Factores de exposición ambiental y concentraciones de plomo en sangre en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública Méx* 1993;35:599-606.
8. Kurtin D, Therrell B, Patterson P. Demographic risk factors associated with elevated lead levels in Texas children covered by medicaid. *Environ Health Perspect* 1997;105:66-8.
9. Lanphear BP, Roghmann KJ. Pathways of lead exposure in urban children. *Environ Res* 1997;74:67-73.
10. Mayan ON, Henriques AT, Calheiro JM. Childhood lead exposure in Oporto, Portugal. *Int J Occup Environ Health* 2001;7:209-16.
11. Muñoz H, Romieu I, Palezuelos E, Mancilla-Sanchez T, Meneses-Gonzalez F, Hernández-Avila M. Blood lead level and neurobehavioural development among children living in Mexico City. *Arch Environ Health* 1993;48:132-9.
12. Olaiz G, Fortoul TI, Rojas R, Doyer M, Palazuelos E, Tapia CR. Risk factors for high levels of lead in blood of schoolchildren in Mexico City. *Arch Environ Health* 1996;51:122-6.
13. Patel AB, Williams SV, Frumkin H, Kondawar VK, Glick H, Ganju AK. Blood lead in children and its determinants in Nagpur, India. *Int J Occup Environ Health* 2001;7:119-26.
14. Romieu I, Carreon T, Lopez L, Palazuelos E, Rios C, Manuel Yves, et al. Environmental urban lead exposure and blood levels in children of Mexico City. *Environ Health Perspect* 1995;103:1036-40.
15. Shultz A, Barregard L, Sallsten G, Wilske J, Manay N, Pereira L et al. Blood lead in Uruguayan children and possible sources of exposure. *Environ Res* 1997;74:17-23.
16. Tong S, von Schimding YE, Prapamontol T. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bull World Health Organ* 2000;78:1068-77.
17. Vine MF, Degnan D, Hanchette C. Geographic information systems: their use in environmental epidemiological research. *Environ Health Perspect* 1997;105:598-605.
18. Wang L, Xu SE, Zhang GD, Wang WY. Study of lead absorption and its effect on children's development. *Biomed Environ Sci* 1989;2:325-30.