

Plomo en sangre, estado nutricional antropométrico y deficiencia de hierro en niños de una comunidad del Estado Carabobo, Venezuela

Drs. Doris Nobrega^{1,2}, Carlos Espinosa^{1,3}, María Adela Barón⁴, Liseti Solano⁴

E-mail: doris_nobrega@hotmail.com

RESUMEN

Se ha demostrado que la deficiencia de hierro predispone a la intoxicación por plomo, sin embargo, la asociación entre estos dos problemas de salud resulta aún inconsistente. El objetivo del presente estudio fue asociar los niveles de plomo en sangre con los estadios de deficiencia de hierro según el estado nutricional antropométrico en una muestra de 149 niños de ambos sexos, en edad escolar, que asistieron a una escuela de Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. El estado nutricional antropométrico se evaluó a través del indicador índice de masa corporal (IMC-kg/m²); para evaluar el estado de hierro se determinaron los parámetros ferritina sérica por radioinmunometría, zinc protoporfirina eritrocitaria por hematofluorometría y hemoglobina por método automatizado. Los niveles de plomo en sangre fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica. El 60,4 % de los niños presentó valores superiores al límite permisible de plomo en sangre. Los niveles de plomo en sangre tendieron a ser más elevados entre los varones (P = 0,097). Los niños con edades entre 5 y 7 años mostraron niveles de plomo en sangre significativamente superiores en comparación a los de mayor edad (P = 0,005). La frecuencia de alteraciones del estado de hierro no se asoció

al género o estado nutricional antropométrico pero tendió a ser mayor entre los niños con edades entre 5 y 7 años (P = 0,051). Se encontró una asociación significativa entre valores superiores al límite permisible de plomo en sangre y el estado de hierro entre escolares desnutridos (P = 0,028). La evidencia de una alta frecuencia de valores superiores al límite permisible de plomo en sangre y de alteraciones en los indicadores del estado nutricional de hierro, sugiere que tanto la intoxicación por plomo como la deficiencia de hierro continúan siendo dos importantes problemas de salud pública que merecen seguir investigándose.

Palabras clave: Niveles de plomo en sangre. Estado nutricional antropométrico. Deficiencia de hierro. Niños.

ABSTRACT

Have shown that iron deficiency predisposes lead poisoning, however, the association between these health problems is still inconsistent. The aim of this study was to associate the blood lead levels (Pb-S) to the stages of iron deficiency according

¹ Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC). Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo, Venezuela.

² Departamento de Ciencias Básicas, Escuela de Bioanálisis. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Venezuela.

³ Departamento de Lenguaje y Comunicación. Escuela de Salud Pública y Desarrollo Social. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Venezuela.

⁴ Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT). Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo, Venezuela.

to the anthropometric nutritional status in a sample of 149 children of both sexes, school age attending a school of Valencia, Carabobo, Venezuela. Nutritional status was assessed using anthropometric indicator of body mass index (IMC-kg/m²). To evaluate iron status parameters were determined serum ferritin by Immunoradiometric assay, erythrocyte zinc protoporphyrin by hematofluorometer and hemoglobin by an automated method. The blood lead levels were determined by atomic absorption spectrophotometry. 60.4 % of children had levels above the permissible limit blood lead. The blood lead levels tended to be higher among boy (P = 0.097). Children aged between 5 and 7 years showed blood lead levels significantly higher compared to older (P = 0.005). The frequency of abnormal iron status was not associated with gender or anthropometric nutritional status but tended to be higher among children aged 5 and 7 years (P = 0.051). We found a significant association between levels above the permissible limit blood lead and iron status among malnourished school (P = 0.028). Evidence of a high frequency of levels above the permissible limit blood lead and changes in indicators of iron status, suggesting that both lead poisoning and iron deficiency are still two important public health issues that deserve further research.

Key words: Blood lead levels. Anthropometric nutritional status. Iron deficiency. Children.

INTRODUCCIÓN

El plomo (Pb) es un elemento químico que no tiene ninguna función fisiológica conocida en los seres humanos, no obstante, sus efectos adversos inciden sobre una diversidad de procesos bioquímicos esenciales, encontrándose en neonatos y niños una relación entre niveles de exposición muy bajos al Pb y disminución de la función cognitiva, retraso mental, baja estatura, disminución de la audición, problemas de comportamiento y del desarrollo neuropsicológico (1-4). Asimismo, en preescolares y escolares puede presentarse descenso en el coeficiente intelectual (5,6).

Debido a sus características, el Pb tiene muchas aplicaciones en diversas actividades humanas, de tal modo que existen múltiples fuentes de exposición para todos los grupos de edad, siendo los niños la población de mayor susceptibilidad y vulnerabilidad (7,8), sobre todo aquellos sometidos a factores de riesgo como la pobreza, la desorganización familiar, bajo nivel de educación de los padres y la malnutrición (9).

Numerosos estudios han demostrado una asociación entre niveles de Pb en sangre (Pb-S) elevados y deficiencia de hierro (10-13), mientras que en otros trabajos la asociación es menos consistente (14,15). Aunque la naturaleza de esta relación no

está completamente dilucidada, la caracterización de un transportador común hierro-plomo y los estudios epidemiológicos en niños sugieren que el déficit de hierro puede incrementar la susceptibilidad a la intoxicación por plomo al elevar la absorción de este último (16,17).

La intoxicación por Pb en los niños constituye uno de los más graves problemas antropogénicos ambientales. Por su parte, la deficiencia de hierro es la carencia nutricional más común entre los niños en todo el mundo, siendo así dos grandes problemas de salud pública a escala mundial que afectan especialmente a los niños de bajo nivel socioeconómico y que viven en las ciudades (18). En este sentido, en trabajos realizados en el Estado Carabobo, Venezuela se han encontrado persistentemente concentraciones de Pb-S por encima de los valores límites permisibles, según lo demuestran diversas investigaciones realizadas en los últimos años (7,8,15,19,20). Aunado a lo anterior también existen reportes de alta prevalencia de alteraciones nutricionales antropométricas (21,22) así como de ferropenia en la población infantil carabobeña (21-25).

Tomando en cuenta que la anemia ferropénica es un déficit nutricional muy prevalente en la población venezolana y que a su vez constituye un factor predisponente a la mayor absorción de Pb, el presente estudio tuvo como propósito asociar las concentraciones de Pb-S a los estadios del déficit de hierro según el estado nutricional antropométrico en escolares carabobeños.

METODOLOGÍA

Se trató de un estudio descriptivo y de corte transversal. La población estuvo conformada por niños en edad escolar (5-11 años) que asistieron a una Unidad Educativa ubicada en la Parroquia Miguel Peña del Municipio Valencia, Estado Carabobo durante el período escolar 2006-2007. Dicha zona fue seleccionada debido a que estudios previos han demostrado alta prevalencia de deficiencia de hierro entre los niños (21-25), asimismo en niños de comunidades cercanas se han informado niveles de Pb-S superiores al límite permisible (7,8,15,19).

Se aplicó un muestreo no probabilístico e intencional. La muestra incluyó 149 niños de ambos sexos que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: aparentemente sano, no tener diagnóstico conocido de intoxicación plúmbica, sin tratamiento médico capaz de producir alteraciones del estado de

hierro, sin suplementación de hierro en los últimos tres meses y consentimiento informado escrito por parte del padre y/o representante para participar voluntariamente en la investigación. El estudio fue aprobado en su diseño y financiamiento por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Mediante encuesta al representante, se obtuvieron datos personales del niño (nombre completo, fecha de nacimiento, edad cronológica, dirección actual), datos socio-demográficos y socioeconómicos (lugar de nacimiento, nivel de educación que cursaba, profesión del jefe de familia, nivel de instrucción de la madre, fuente principal de ingreso de la familia, condiciones de la vivienda), antecedentes médicos personales y enfermedades actuales y tratamiento con medicamentos y/o suplementos nutricionales. La encuesta permitió verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión. La estratificación socioeconómica se realizó a través del Método de Graffar-modificado para Venezuela por Hernán Méndez Castellano, el cual provee la siguiente clasificación: estrato I o clase alta, estrato II o clase media alta, estrato III o clase media media, estrato IV o clase obrera y estrato V o pobreza crítica (26).

Posteriormente se evaluó el estado nutricional antropométrico a través del indicador índice de masa corporal ($IMC\text{-kg/m}^2$), para lo que se registró el peso utilizando balanza con tallímetro digital (Marca Health-o-Meter), previamente calibrada y llevándola a cero antes de cada pesada; el personal fue previamente entrenado y estandarizado para dicha tarea. Para realizar ambas medidas antropométricas el niño se mantuvo descalzo y en ropa ligera, retirándose todo tipo de accesorio o prenda como correas, pulseras, cadenas, zarcillos, cintillos, ganchos o cualquier otro adorno de cabello; el niño se colocó de pie, con la cabeza en plano de Frankfort y se le pidió relajar los hombros para evitar lordosis al momento de medir la talla (27). El IMC se ubicó en la distribución percentilar según edad y género del Proyecto Venezuela (28), clasificándose los niños evaluados en tres grupos: bajo peso (\leq al percentil 10), normopeso (por encima del percentil 10 y \leq al percentil 90), sobrepeso/obesidad ($>$ al percentil 90) (29).

Previo ayuno de 12 horas se extrajeron 10 mL de sangre periférica mediante punción venosa aplicando rigurosamente métodos de asepsia y antisepsia. Se depositaron 4 mL en tubos de plástico con heparina para la determinación de Pb-S, 3 mL en tubos de polipropileno sin anticoagulante a fin de obtener

suelo para determinar ferritina sérica (FS) y proteína C reactiva (PCR) y los 3 mL restantes se colocaron en tubos de vidrio con EDTA como anticoagulante para determinar zinc protoporfirina (ZPP) y hemoglobina (Hb). Las muestras se almacenaron según las condiciones requeridas para cada técnica.

Los niveles de Pb-S se determinaron en el Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC), a través del método de espectrofotometría de absorción atómica a la llama, con un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 3110, utilizando el método NIOSH 8003 (30), bajo el control de calidad externo PCCC-Pb-S inter-laboratorios del Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral de Zaragoza, España. Se definió $<10\ \mu\text{g/dL}$ como límite permisible para Pb-S, según lo establecido por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de Atlanta para la población infantil (31).

El resto de determinaciones de laboratorio se llevaron a cabo en el Instituto de Investigaciones en Nutrición de la Universidad de Carabobo (INVESNUT). Se midió FS mediante método inmunoradiométrico (IRMA, Diagnostic Products Corporation), empleando un contador Gamma modelo Isocomp; ZPP a través de método fluorométrico con un hematofluorómetro AVIV Biomedical, INC. (Modelo 206 D) y Hb empleando un analizador hematológico automatizado (Beckman Coulter, modelo AC-T 5 diff.). Se determinó cuantitativamente la PCR mediante ensayo de inmunoprecipitación de fase líquida con detección nefelométrica (kit comercial marca Turbox, Orion Diagnostica). Todos los análisis para la evaluación del estado nutricional de hierro se realizaron bajo control de calidad interno, utilizando muestras controles normales y anormales.

El estado de hierro se estableció según los criterios de la Organización Mundial de la Salud (32), definiéndose “anemia” cuando la concentración de Hb fue $< 11,5\ \text{g/dL}$, “depleción de hierro” cuando la FS se encontró por debajo de $15\ \mu\text{g/L}$ en ausencia de cualquier otra alteración de los indicadores del estado de hierro determinados, “eritropoyesis deficiente de hierro” cuando la disminución de FS se acompañó de elevación de la ZPP por encima de $70\ \mu\text{mol/mol}$ de Hem sin anemia y “anemia ferropénica” cuando se presentaron simultáneamente valores disminuidos de FS y de Hb (con o sin elevación de la ZPP). Los casos que solo presentaron elevación de ZPP, se definieron como “elevación aislada de ZPP”.

La PCR se consideró elevada e indicativa de la presencia de procesos infecciosos y/o inflamatorios

cuando se encontró ≥ 5 mg/dL (33). Dicho análisis permitió conocer si la variable en estudio, el Pb-S, varió en función a la presencia de dichos procesos. Asimismo, es necesario indicar que, en esta investigación no se elevó el punto de corte de la FS en los niños con PCR elevada, en vista de que hasta el momento la OMS solo ha recomendado dicha medida en los niños menores de 5 años (32).

Para la realización del análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó el programa PASW Statistics Multilenguaje en su versión 18.0. Se obtuvieron estadísticos descriptivos de tendencia central y de dispersión, frecuencias absolutas y relativas. Se aplicó la Prueba de Kolmogorov-Smirnov para conocer si las variables siguieron la distribución normal; solo las variables talla, Hb y ZPP siguieron la distribución normal. La pruebas t de Student no pareada y U de Mann-Whitney, según el caso, permitieron comparar las variables antropométricas y bioquímicas medidas de acuerdo a la presencia/ausencia de procesos inflamatorios e infecciosos. También se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para comparar los niveles de Pb-S según género y grupo etario. Las pruebas de Kruskal Wallis y Chi cuadrado permitieron comparar y asociar, respectivamente, los niveles de Pb-S según el estado de hierro. Las frecuencias de casos con niveles Pb-S por encima de lo permitido y de alteraciones del estado de hierro se asociaron al género, edad y estado nutricional antropométrico a través de la prueba de Chi cuadrado. El nivel de significación empleado fue $P < 0,05$.

RESULTADOS

La muestra estuvo constituida por 149 niños con edad promedio de $7,4 \pm 1,5$ años (mediana: 7,2 años); 46,3 % (n = 69) de los niños tuvieron entre 5 y 7 años mientras 53,7 % (n = 80) fueron mayores de 7 años. En relación con la distribución por género, 51 % (n = 76) fueron hembras y 49 % (n = 73) varones. La mayoría de los niños evaluados se ubicaron en los estratos socioeconómicos IV y V (73,2 % y 23,5 %, respectivamente) y solo cinco se encontraron en el estrato III (3,4 %). La distribución de la muestra según estado nutricional antropométrico fue la siguiente: 21 niños bajo peso (14,1 %), 111 niños normopeso (74,5 %) y 17 con exceso de peso (11,4 %).

En el Cuadro 1 se presentan las variables en estudio en la muestra total y según presencia de proceso infeccioso/inflamatorio. Los indicadores del estado de hierro se encontraron dentro de los valores de referencia mientras que el valor medio de Pb-S se encontró por encima del límite permisible establecido por el CDC de Atlanta (10 μ g/dL). Como se esperaba, el valor medio de PCR fue significativamente más alto entre los niños con procesos infecciosos/inflamatorios, no obstante, ni los indicadores de hierro ni el Pb-S variaron significativamente con la presencia de procesos infecciosos/inflamatorios, por lo que no se excluyeron del estudio los niños que presentaron $\text{Pb-S} \geq 5$ mg/dL. Por otra parte, los niveles medios de Pb-S no variaron significativamente según género, aunque se observó una tendencia a valores más

Cuadro 1. Variables antropométricas y bioquímicas obtenidas en la muestra total y categorizadas según presencia de proceso infeccioso/inflamatorio

Variable	Muestra Total (n = 149)	Proceso infeccioso/inflamatorio	
		Ausente (n = 66)	Presente (n = 83)
Peso (kg)	22,9 \pm 0,4 (22,0)	22,7 \pm 0,5 (22,1)	23,0 \pm 0,7 (21,6)
Talla (m)	1,20 \pm 0,01 (1,20)	1,20 \pm 0,01 (1,19)	1,20 \pm 0,01 (1,20)
IMC (kg/m ²)	15,6 \pm 0,2 (15,1)	15,6 \pm 0,2 (15,2)	15,6 \pm 0,3 (14,9)
Hemoglobina (g/dL)	12,2 \pm 0,1 (12,2)	12,2 \pm 0,1 (12,2)	12,3 \pm 0,8 (12,3)
ZPP (μ mol/molHem)	56,0 \pm 1,8 (52,0)	56,0 \pm 2,8 (53,0)	55,9 \pm 2,3 (52,0)
Ferritina sérica (μ g/L)	28,6 \pm 1,7 (23,6)	28,3 \pm 2,5 (22,6)	30,4 \pm 2,3 (24,5)
Pb-S (μ g/dL)	12,6 \pm 0,6 (11,0)	13,1 \pm 0,8 (11,8)	12,2 \pm 0,8 (11,0)
PCR (mg/dL)	10,9 \pm 1,2 (7,0)	2,8 \pm 0,2 (3,0)	17,4 \pm 1,9 (12,0)*

Resultados expresados como media aritmética \pm desviación estándar (mediana).

* $P < 0,01$; U de Mann-Whitney.

IMC: índice de masa corporal; ZPP: zinc protoporfirina; Pb-S: plomo en sangre; PCR: proteína C reactiva.

elevados en los varones ($13,6 \pm 7,7$ vs. $11,7 \pm 6,1$ $\mu\text{g/dL}$; $P = 0,097$). Los niños con edades entre 5 y 7 años mostraron niveles de Pb-S significativamente superiores en comparación a los de mayor edad ($14,4 \pm 8,4$ vs. $11,1 \pm 5,0$ $\mu\text{g/dL}$; $P = 0,005$).

En la muestra total 60,4 % ($n = 90$) de los niños estudiados presentó valores superiores al límite permisible (VSLP) de Pb-S (Figura 1). Dicha frecuencia también tendió a ser mayor entre los varones ($P = 0,070$). Al asociar la prevalencia de niños con VSLP de Pb-S con la edad se encontró que esta fue significativamente superior en los niños con edades comprendidas entre 5 y 7 años ($P = 0,001$), resultado que se evidenció no solo cuando se analizó la muestra total sino también por géneros. La frecuencia de niños con VSLP de Pb-S no se asoció al estado nutricional antropométrico en ninguno de los géneros o grupos etarios estudiados.

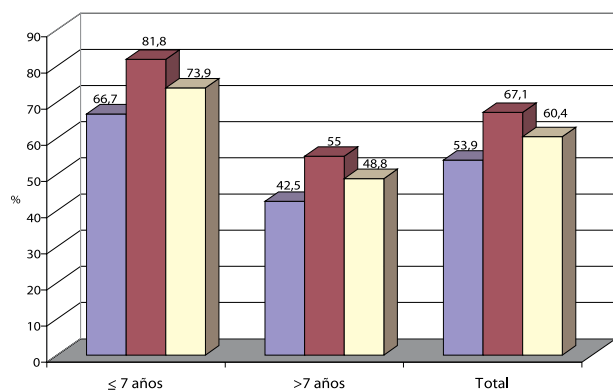


Figura 1. Frecuencia de casos con niveles de plomo en sangre superiores al límite permisible en la muestra total, según género y grupos etarios. $n = 149$. Porcentajes calculados con base al número total de niños en cada grupo etario y género.

La Figura 2 muestra la frecuencia de alteraciones del estado de hierro, anemia y elevación aislada de ZPP. Casi 20 % de los niños evaluados presentó depleción de sus reservas de hierro, siendo esta la alteración del estado de hierro más frecuente en el grupo estudiado; en la mitad de los niños anémicos se evidenció ferropenia. En más del 10 % de los niños se observó elevación aislada de ZPP (sin acompañarse de

otras alteraciones del estado de hierro). La frecuencia de alteraciones del estado de hierro no se asoció al género o estado nutricional antropométrico pero se observó una tendencia a valores superiores en los niños con edades entre 5 y 7 años ($P = 0,051$).

En el grupo total los niveles de Pb-S no variaron significativamente según el estado de hierro. Sin embargo, al realizar el mismo análisis en las diferentes categorías del estado nutricional antropométrico por separado, se evidenció entre los niños de bajo peso (desnutridos) que los niveles de Pb-S fueron significativamente más elevados en aquellos cuyas reservas de hierro estaban depletadas en comparación con los que no mostraron alteraciones de su estado de hierro (Cuadro 2). De manera similar, la frecuencia de niños con VSLP de Pb-S se asoció significativamente al estado de hierro solo entre los niños con bajo peso, observándose que todos los casos de depleción de hierro y anemia ferropénica mostraron VSLP de Pb-S (Cuadro 3).

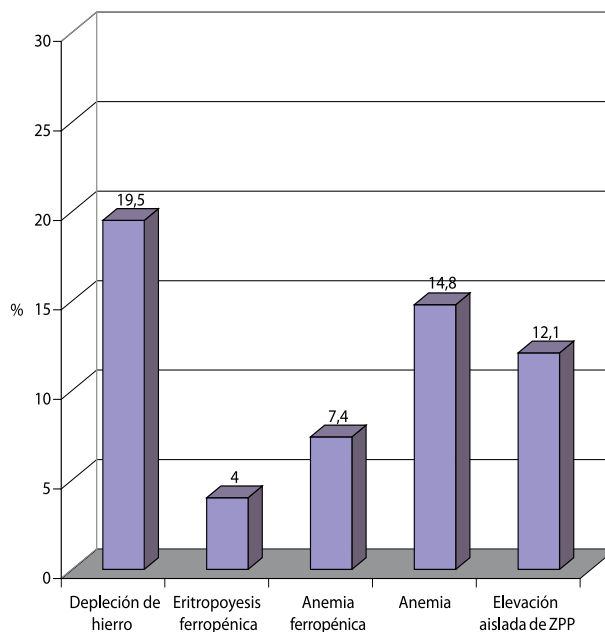


Figura 2. Frecuencia de alteraciones del estado de hierro, anemia y elevación aislada de zinc protoporfirina. EFe: estado de hierro; ZPP: zinc protoporfirina; Pb: plomo. Porcentajes calculados con base en el número total de niños estudiados.

Cuadro 2. Niveles de plomo en sangre de acuerdo al estado del hierro, en la muestra total y distribuida por estado nutricional antropométrico.

Estado del Hierro	Plomo en sangre (µg/dL)	p
Grupo Total (n = 120)		
Sin alteraciones del EFe (n = 74)	12,5 ± 0,8 (11,0)	0,186
Depleción de hierro (n = 29)	13,6 ± 1,2 (12,5)	
Eritropoyesis ferropénica (n = 6)	9,0 ± 0,0 (9,0)	
Anemia ferropénica (n = 11)	10,8 ± 1,0 (10,5)	
Grupo Bajo Peso (n = 18)		
Sin alteraciones del EFe (n = 12)	10,4 ± 1,1 (10,8)	0,028
Depleción de hierro (n = 3)	22,2 ± 2,6 (24,5)*	
Anemia ferropénica (n = 3)	11,7 ± 1,7 (10,5)	
Grupo Normopeso (n = 89)		
Sin alteraciones del EFe (n = 53)	12,0 ± 0,9 (11,0)	0,589
Depleción de hierro (n = 22)	12,2 ± 1,2 (11,0)	
Eritropoyesis ferropénica (n = 6)	9,0 ± 0,9 (9,0)	
Anemia ferropénica (n = 8)	10,2 ± 1,2 (10,8)	
Grupo sobrepeso/obesidad (n = 13)		
Sin alteraciones del EFe (n = 9)	17,2 ± 4,2 (13,5)	0,825
Depleción de Hierro (n = 4)	14,5 ± 4,0 (12,8)	

Resultados expresados como media aritmética ± desviación estándar (mediana). Se excluyeron del análisis los niños que presentaron anemia sin déficit de hierro o elevación aislada de zinc protoporfirina. Entre los niños desnutridos y con exceso de peso no existieron casos de eritropoyesis ferropénica ni de anemia ferropénica entre los niños con exceso de peso. Prueba de Kruskal Wallis y U Mann Whitney con corrección de Bonferroni, * Diferencia significativa en relación al grupo sin alteraciones del estado de hierro. EFe: estado del hierro.

Cuadro 3. Frecuencia de niveles elevados de plomo en sangre de acuerdo al estado del hierro, en la muestra total y distribuida por estado nutricional antropométrico.

Estado del hierro	Niveles de Plomo en sangre		X ² ; P
	Permisible < 10 µg/dL	Elevado ≥ 10 µg/dL	
Grupo total			
Sin alteraciones del EFe	32 (65,3)	42 (59,2)	1,325; 0,723
Depleción de hierro	11 (22,4)	18 (25,4)	
Eritropoyesis ferropénica	3 (6,1)	3 (4,2)	
Anemia ferropénica	3 (6,1)	8 (11,3)	
Grupo bajo peso			
Sin alteraciones del EFe	8 (100)	4 (40,0)	7,200; 0,027
Depleción de hierro	0 (0)	3 (30,0)	
Anemia ferropénica	0 (0)	3 (30,0)	
Grupo normopeso			
Sin alteraciones del EFe	22 (57,9)	31 (60,8)	0,318; 0,957
Depleción de hierro	10 (26,3)	12 (23,5)	
Eritropoyesis ferropénica	3 (7,9)	3 (5,9)	
Anemia Ferropénica	3 (7,9)	5 (9,8)	
Grupo sobrepeso/obesidad			
Sin alteraciones del EFe	2 (66,7)	7 (70,0)	0,120; 0,913
Depleción de hierro	1 (33,3)	3 (30,0)	

Resultados expresados como frecuencia absoluta (% calculado con base en el número total de casos en cada categoría de plomo). Se excluyeron del análisis los niños que presentaron anemia sin déficit de hierro o elevación aislada de zinc protoporfirina. Entre los niños desnutridos y con exceso de peso no existieron casos de eritropoyesis ferropénica ni de anemia ferropénica entre los niños con exceso de peso. Prueba de Chi cuadrado. EFe: estado del hierro.

DISCUSIÓN

La relación entre deficiencia de hierro y concentraciones elevadas de plomo en sangre ha sido estudiada por diversos investigadores en el ámbito internacional, sin embargo, en la revisión bibliográfica realizada no se encontraron estudios nacionales que asocien concentraciones de Pb-S a los estadios del déficit de hierro según el estado nutricional antropométrico en niños en edad escolar.

El presente estudio detectó que el 60,4 % de los niños presentaron VSLP en las concentraciones de Pb-S aceptadas por el CDC de Atlanta (31). Estos resultados son consistentes con los obtenidos en diversos estudios realizados tanto a nivel nacional como internacional (7,8,12,20,34,35). Mas recientemente, una revisión realizada por este mismo organismo (36), ha establecido como nuevo punto de corte el valor de 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$, con base en el mismo la prevalencia de VSLP de Pb en el presente estudio es de 96 %. En vista de que con dicho punto de corte se encontraron muy pocos casos con niveles de Pb dentro de los límites permisibles, en esta investigación no se empleó dicho punto de corte para establecer la asociación objeto de estudio.

El alto porcentaje de niños que arrojaron VSLP de Pb-S y la concentración media de este metal que se observó, son un reflejo de que aún existen numerosas fuentes de exposición a las cuales el niño tiene acceso, y que a pesar de los esfuerzos realizados por disminuir los niveles de contaminación ambiental por este metal, los fenómenos de biodisponibilidad y biodistribución característicos del catión conducen a que la intoxicación crónica con Pb continúe siendo un problema (34). Contrariamente a algunas declaraciones acerca de que el Pb ya no constituye un riesgo ambiental, diferentes grupos que han realizado investigaciones recientes han resaltado el hecho de que sigue representando un problema importante de salud pública (7,19,20,34).

En el presente estudio se encontró una mayor frecuencia de concentraciones elevadas de Pb-S en niños menores de 7 años y de género masculino. Estos hallazgos concuerdan con diversos estudios que han encontrado que mientras más pequeño es el niño, resulta más susceptible a la exposición del Pb (7,8,37) puesto que tienen mayor actividad mano-boca y porque absorben más Pb que los adultos (31), y que las concentraciones de Pb-S elevadas se presentan con mayor frecuencia en niños de género masculino (15,20,38).

Además, se encontró que el 73,2 % de los niños participantes en el estudio pertenecían al

estrato socioeconómico IV y el 23,5 % al estrato socioeconómico V, lo que podría ser considerado un factor de riesgo de exposición a Pb, ya que el estado nutricional de los niños está asociado de forma directa con la condición socioeconómica de los hogares, lo que incrementa aún más la susceptibilidad a la exposición al Pb (39).

En relación con el estado nutricional de hierro, se observó depleción de las reservas de hierro en 19,5 % de los niños evaluados. Estos resultados coinciden con los reportados por otros estudios realizados en la misma zona evaluada, los cuales han mostrado un ascenso en la prevalencia de deficiencia de hierro (21,24). Los niños en edad escolar constituyen un grupo vulnerable, ya que tienen los requerimientos nutricionales elevados, debido a que se encuentran en un período de crecimiento y desarrollo rápido (21). La frecuencia de deficiencia de hierro observada en el presente estudio indica que la carencia de este mineral, continúa siendo un importante problema social y de salud pública, que no se ha podido controlar, y que requiere atención por las consecuencias negativas que tiene sobre la salud.

Aunado a lo anterior destaca el hecho de que este tipo de deficiencias nutricionales predispone al individuo a una mayor absorción de metales pesados, entre ellos el Pb. Asimismo, la desnutrición crónica hace más susceptibles de intoxicación plúmbica a los niños (40). Una revisión realizada por Kwong y col. (41) sobre la asociación entre la deficiencia de hierro y la toxicidad por Pb encontró asociación estadísticamente significativa entre estos dos factores en 7 de 15 estudios epidemiológicos revisados, incluyendo un estudio longitudinal (41). En este sentido, el presente estudio evidenció entre los niños bajo peso (desnutridos) que los niveles de Pb-S fueron significativamente más elevados en aquellos cuyas reservas de hierro estaban depletadas en comparación con los que no mostraron alteraciones de su estado de hierro.

Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Watson y col. (43) quienes encontraron que en los sujetos con concentraciones bajas de ferritina sérica se incrementó la absorción del Pb en contraste con los sujetos que tenían sus reservas de hierro repletas. Sin embargo, Serwint y col. (14) no encontraron una correlación entre niveles de PbS y ferritina sérica en niños con exposición baja y moderada al Pb, y Choi y col. (44) solo encontraron influencia de la ferritina sobre el Pb, una vez que el hierro sérico declinaba. Por su parte, Rondo y col. (11) encontraron una correlación negativa entre concentraciones de Pb y Hb y entre concentraciones de Pb y ferritina para niños anémicos, pero solo en la primera

fue significativa, observando que los niños participantes en su estudio tenían valores medios de ferritina sérica más bajos que en los niños no anémicos, y que incluso los niños anémicos tenían valores normales de ferritina.

En conclusión, este estudio demostró una asociación significativa entre VSLP de Pb-S y el estado de hierro entre escolares desnutridos, lo cual se encuentra en línea con el planteamiento de que una nutrición adecuada a cualquier edad contribuye a reducir la susceptibilidad a los contaminantes ambientales, tales como el Pb y otros metales tóxicos, y que en los niños que padecen de anemia a causa de la deficiencia de hierro en su dieta, hay una mayor absorción de Pb. De igual manera, los resultados de esta investigación evidenciaron entre los niños participantes una alta frecuencia de VSLP de Pb-S y de alteraciones en los indicadores del estado nutricional de hierro. En tal sentido, es prioritario establecer programas de intervención nutricional donde la educación sea la estrategia fundamental para la prevención del déficit de hierro y de la anemia. También es urgente establecer medidas de prevención, educación y control en relación con las fuentes de exposición al Pb, considerándose pertinente recomendar la determinación de niveles Pb-S en la población infantil con regularidad (al menos una vez al año), con el fin de detectar de manera precoz los niveles no permisibles de este metal en sangre, a los fines de tomar medidas correctivas necesarias en cada caso y evitar las complicaciones que esto acarrea.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los niños, representantes, maestros y al personal directivo del colegio evaluado, por su colaboración. Asimismo, se agradece al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo (CDCH-UC) por el financiamiento otorgado para llevar a cabo el estudio.

Dirigir correspondencia a: Doris Nobrega, Urb. Paraparal, sector Rosalinda, Calle 79-A, Casa No 2, Municipio Los Guayos, Edo. Carabobo, Venezuela. Teléfono: +58 [245] 5812646. E-mail: doris_nobrega@hotmail.com

Proyecto financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo (CDCH-UC). N° 1106-2006.

REFERENCIAS

- Pocock SJ, Smith M, Baghurst P. Environmental lead and children's intelligence: A systematic review of the epidemiological evidence. *BMJ* 1994;309:1189-1197.
- Matte TD. Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud Pública Mex.* 2003;45(Supl 2):220-224.
- Villeda Hernández J. Efectos neurotóxicos en niños intoxicados con plomo. *Arch Neurocienc Me.* 2002;7(2):90-98.
- Wright JP, Dietrich KN, Ris MD, Hornung RW, Wessel SD, Lanphear BP, et al. Association of prenatal and childhood blood lead concentrations with criminal arrests in early adulthood. *PLoS Med.* 2008;5(5):e101.
- Vega J, De Coll J, Katekaru D, Lermo J, Escobar J, Díaz M, et al. Intoxicación plúmbica crónica y alteraciones del crecimiento y desarrollo cognitivo-emocional en niños. *An Fac Med (Lima).* 2003;64(2):94-100.
- Vega-Dienstmaier JM, Salinas-Piélago JE, Gutiérrez-Campos MR, Mandamiento-Ayquipa RD, Yara-Hokama MC, Ponce-Canchihuamán J, et al. Lead levels and cognitive abilities in Peruvian children. *Rev Bras Psiquiatr.* 2006;28(1):33-39.
- Pérez A, Quintero M, Skorupinski A, Carmona G. Riesgos de contaminación por plomo en una población escolar de la zona sur de Valencia. Julio – Diciembre 2002. *Arch Venez Pueric Pediatr.* 2005;68(2):60-68.
- Rojas M, Squillante G, Medina E, de Rojas O, Sarmiento A. Environmental factors associated with blood lead levels in Venezuelan children. *Vet Hum Toxicol* 2000; 42: 174-177.
- Ascione I. Intoxicación por plomo en pediatría. *Arch Pediatr Urug.* 2001;72(2):133-138.
- Astete J, Caceres W, Gastañaga M, Lucero M, Sabastizagal I, Oblitas T, et al. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2009;26(1):15-19.
- Rondó P, Carvalho M, Souza M, Moraes F. Lead, hemoglobin, zinc protoporphyrin and ferritin concentrations in children. *Rev Saude Pública.* 2006;40(1):71-76.
- Hegazy A, Zaher M, Abd el-hafez M, Morsy A, Saleh R. Relation between anemia and blood levels of lead, copper, zinc and iron among children. *BMC Research Notes.* 2010;3:133-141.
- Disalvo L, Varea A, Aab C, Pereyras S, Pattin J, Apesteguía M, et al. Niveles de plomo en sangre y su relación con la deficiencia de hierro. *Ludovica pediátrica.* 2007;9(4):109-117.
- Serwint JR, Damokosh AI, Berger OG, Chisolm J, Gunter E, Jones R, et al. No difference in iron status between children with low and moderate lead exposure. *J Pediatr.* 1999;135:108-110.
- Seijas D, Squillante G. Plomo en sangre, estado nutricional y estratificación socioeconómica, en niños de una comunidad de Valencia. *An Venez Nutr.* 2008;21(1):14-19.
- Talkvist J, Bowlus CL, Lonnerdal B. Functional and molecular responses of human intestinal Caco-2 cells

- to iron treatment. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:770-775.
17. Bannon ID, Portnoy ME, Olivi L, Lees PS, Culotta VC, Bressler JP. Uptake of lead and iron by divalent metal transporters in yeast and mammalian cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2002;295:978-984.
 18. Wright RO, Shannon MW, Wright RJ, Hu H. Association between iron deficiency and low-level lead poisoning in an urban primary care clinic. *Am J Public Health.* 1999;89(7):1049-1053.
 19. Barbela S, Angulo N. Trastornos del crecimiento, disfunción tubular renal e intoxicación por plomo, "Una triada frecuente en Pediatría". Valencia – Carabobo. 2002. *Arch Venez Pueric Pediatr.* 2002;65(4):181-186.
 20. Espinosa C, Nobrega D, Seijas D, Sarmiento A, Medina E. Niveles de plomo en sangre y factores ambientales asociados, en una población infantil venezolana. *Gac Med Caracas.* 2008;116(4):307-314.
 21. Solano L, Barón M, del Real S. Situación nutricional de preescolares, escolares y adolescentes de Valencia, Carabobo, Venezuela. *An Venez Nutr.* 2005;18(1):72-76.
 22. Del Real SI, Sanchez A, Baron MA, Diaz N, Solano L, Velazquez E, et al. Estado nutricional en niños preescolares que asisten a un jardín de infancia público en Valencia, Venezuela. *Arch Latinoam Nutr.* 2007;57 (3):248-254.
 23. García-Casal M. La deficiencia de hierro como problema de salud pública. *An Venez Nutr.* 2005;18(1):45-48.
 24. Barón M, Del Real S, Solano L, Sánchez A. Receptor soluble de transferrina como indicador del estado de nutrición de hierro en preescolares venezolanos. *Arch Latinoam Nutr.* 2005;55(3):245-251.
 25. Barón M, Solano L, Páez M, Pabón M. Estado nutricional de hierro y parasitosis intestinal en niños de Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. *An Venez Nutr.* 2007;20(1):5-11.
 26. Méndez H. Sociedad y estratificación. Método Graffar-Méndez Castellano. Caracas: Fundacredesa; 1994.
 27. López M, Landaeta M. Manual de Crecimiento y Desarrollo. Caracas: Sociedad venezolana de Puericultura y Pediatría/Fundacredesa/Serono; 1991.
 28. Fundación Centro de Estudios sobre Crecimiento y Desarrollo de la población venezolana. Proyecto Venezuela. Caracas: Fundacredesa; 1993.
 29. Henríquez G. Evaluación del Estado Nutricional. En: Henríquez G, Landaeta M, Dinni E, editores. *Nutrición en Pediatría.* Caracas: Centro de atención nutricional infantil Antímamo; 1999. p.17-62.
 30. National Institute for Occupational Safety (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.
 31. Centers for Disease Control (CDC). Preventing lead poisoning in young children: A statement by the Centers for Disease Control. Atlanta US: Department of Health and Human Services, 1991.
 32. World Health Organization (WHO). Iron deficiency anaemia. Assessment prevention and control. A guide for programme managers. Report of WHO/UNICEF/UNU 2001. Geneva: Document WHO/NDH/01.3. 2001. [en línea] Disponible en: URL: http://www.who.int/nut/documents/ida_assessment_prevention_control.pdf.
 33. Thurnham D. Handling Data when Inflammation is detected. *Sight and Life Magazine.* 2008; (2): 49-52.
 34. Díaz G, Pérez A, Uribe R. Frecuencia de anemia por deficiencia de hierro y su relación con el plomo sanguíneo. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2001;58(8): 505-515.
 35. Azcona-Cruz M, Rothenberg S, Schnaas-Arrieta L, Romero-Placeres M, Perroni-Hernandez E. Niveles de plomo en sangre en niños de 8 a 10 años y su relación con el sistema visomotor y del equilibrio. *Salud Pública Mex.* 2000;42(4):279-287.
 36. Centers for Disease Control (CDC). What Do Parents Need to Know to Protect Their Children? Update on Blood Lead Levels in Children. Atlanta US: Department of Health and Human Services, 2012. Disponible en: URL: http://www.cdc.gov/nceh/lead/ACCLPP/blood_lead_levels.htm
 37. Bellinger DC. Very low lead exposures and children's neurodevelopment. *Curr Opin Pediatr.* 2008;20(2):172-177.
 38. Aguilar J, Bermejo P, Romero M, García Roche R, Sardiñas O, Orris P. Niveles de plomo en sangre y factores asociados en niños del municipio de Centro Habana. *Rev Cubana Hig Epidemiol.* 2003;41(2):
 39. Fraile de Fuentes, R. Contribución a los estudios de la influencia del plomo y otros metales tóxicos presentes en la atmósfera de Caracas en el desarrollo físico y mental del individuo. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas; 1990.
 40. Plotinsky RN, Straetemans M, Wong LY, Brown MJ, Digman T, Dana Flanders W, et al. Risk factors for elevated blood lead levels among African refugee children in New Hampshire, 2004. *Environ Res.* 2008;108(3):404-412.
 41. Kwong WT, Friello P, Semba RD. Interactions between iron deficiency and lead poisoning: Epidemiology and pathogenesis. *Sci Total Environ.* 2004;330(1-3):21-37.
 42. Wright RO, Tsaih SW, Schawartz J, Wright RJ, Hu H. Association between iron deficiency and blood level in a longitudinal analysis of children followed in an urban primary care clinic. *J Pediatr.* 2003;142(1):9-14.
 43. Watson WS, Hume R, Moore MR. Oral absorption of lead and iron. *Lancet.* 1980;2(8188):236-237.
 44. Choi JK, Kim SK. Association between blood lead concentrations and body iron status in children. *Arch Dis Child.* 2003;88:791-792.