

ORIGINAL

## El bajo consumo de hierro, calcio y cinc tiene relación con valores elevados de plomo sanguíneo en mujeres embarazadas

María del Rosario Arnaud Viñas<sup>a,\*</sup> y María Eufemia Pérez Flores<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional, México DF, México

<sup>b</sup> Centro Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México

Aceptado para su publicación el 27 de mayo de 2010.

### PALABRAS CLAVE

Plomo sanguíneo;  
Anemia;  
Embarazo;  
Hierro  
Calcio;  
Cinc;  
Ácido ascórbico

### Resumen

**Objetivos:** Estudiar la relación entre los valores de plomo en la sangre (VPS) y la adecuación (%) en el consumo de nutrientes en mujeres del sur de México.

**Métodos:** Participaron 424 embarazadas. Se aplicó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos referido al año anterior. Se estimó la prevalencia de VPS elevados ( $> 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ , según la Norma Oficial Mexicana [NOM] 199 SSA 1-2000 y el Center for Disease Control and Prevention de Estados Unidos, 2007).

**Resultados:** La media de adecuación de la ingesta de cinc, calcio, hierro total, hierro hem, vitamina C y vitamina A fue del 37,4, el 88,2, el 38,5, el 12,8, el 78,9 y el 84,6% respectivamente. La prevalencia de VPS elevados fue del 41,5% y el riesgo concomitante estuvo explicado por la edad  $> 35$  años (*odds ratio* [OR] = 3,8 [1,4-10,3] con respecto a las de edad  $< 25$  años;  $p = 0,01$ ), concentraciones bajas de hemoglobina en sangre ( $< 12 \text{ g}/\text{dl}$ ) (OR = 3,1 [1,9-5];  $p < 0,0001$ ), índice de masa corporal  $\geq 30$  (OR = 1,9 [1,1-3,5];  $p = 0,026$ ), uso de piezas de cerámica vidriada en la preparación y/o el consumo de alimentos (OR = 2,3 [1,5-3,6];  $p < 0,0001$ ), adecuación en el consumo de hierro hem  $< 20\%$  (OR = 2,7 [1,1-6,6];  $p = 0,025$ ), adecuación en el consumo de calcio  $< 80\%$  (OR = 1,4 [1-2];  $p = 0,056$ ), adecuación en el consumo de cinc del 50-99% (OR = 1,9 [1-3,5];  $p = 0,038$ ) y adecuación  $< 50\%$  (OR = 4,3 [2,2-8,7];  $p = 0,044$ ) con respecto a quienes consumían el 100% más de los valores recomendados.

**Conclusiones:** El déficit en el consumo de hierro hem, calcio y cinc está asociado a mayor riesgo de VPS elevados, que también tuvieron relación con anemia, consumo de alimentos en piezas de cerámica vidriada, obesidad y mayor edad.

© 2010 SENC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia

Correo electrónico: [marnaud@pn.mx](mailto:marnaud@pn.mx), [\(M.R. Arnaud Viñas\)](mailto:marnaud@hotmail.com).

## KEYWORDS

Blood Lead;  
Anemia;  
Pregnancy;  
Iron;  
Calcium;  
Zinc;  
Ascorbic acid

## Low iron, calcium and zinc intake is associated with elevated blood lead levels in pregnant women

### Abstract

**Objectives:** To analyze the association between blood lead levels and nutrient consumption, as well as associated factors, in women from southern Mexico.

**Methods:** A total of 424 pregnant women participated in this study by completing a questionnaire on the frequency of food consumption in the previous year. The prevalence of high blood lead levels ( $>10 \mu\text{g}/\text{dL}$ ) was defined according to the Mexican Official Norm (NOM-199 SSA 1-2000) and the Center for Disease Control and Prevention, USA, 2007.

**Results:** The mean percentage of adequacy of intake of zinc, calcium, total-iron, heme-iron, vitamin C and vitamin A was 37.4% 88.2% 38.5% 12.8% 78.9% and 84.6% respectively. The prevalence of high blood lead levels was 41.5%. The risk associated with the prevalence of high blood lead levels was explained by age  $>35$  years old [OR: 3.8 (1.4, 10.3)] compared with age  $<25$  years old ( $P=0.010$ ), low blood hemoglobin levels ( $<12\text{g}/\text{dL}$ ) [OR: 3.1 (1.9, 5.0)] ( $P<0.0001$ ), body mass index  $30\text{ Kg}/\text{m}^2$  [OR: 1.9 (1.1, 3.5)], ( $P=0.026$ ); compliance with heme-iron recommendations  $<20\%$  [OR: 2.7(1.1, 6.6)], ( $P=0.025$ ), calcium recommendations  $<80\%$  [OR: 1.4 (1.0, 2.0)] ( $P=0.056$ ), and zinc recommendations 50-99% [OR: 1.9 (1.0, 3.5)] ( $P=0.038$ ), and  $<50\%$  adequacy [OR: 4.3 (2.2, 8.7)] ( $P = 0.044$ ) with respect to persons consuming 100% or more of recommended intake.

**Conclusions:** Low heme-iron, zinc and calcium consumption was associated with a higher risk of high blood lead levels, which in turn were also associated with anemia, food consumption from ceramic plates and containers, obesity and older age.

© 2010 SENC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducción

El plomo no tiene una función conocida en el cuerpo humano, pero puede dar lugar a la intoxicación crónica e incluso a la muerte. Sus compuestos son transformados por la luz solar, el aire y el agua. Tienen importancia industrial el óxido y el tetraetilo de plomo, así como las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio. Lo pueden contener las pilas y baterías de automóviles y de ordenadores, grifos y accesorios de bronce, soldaduras de tuberías de cobre, antidetonantes, aceites automotrices de desecho, municiones, dispositivos para evitar irradiación con rayos X, piezas vidriadas, pintura metálica, esmaltes, cerámica vidriada, tintes para el cabello, labiales, lápices, crayones<sup>1</sup>. A diferencia del suelo rural, en el que es de especial cuidado la contaminación microbiológica, el polvo urbano puede convertirse además en una fuente importante de contaminación por metales derivados de actividades humanas<sup>2,3</sup>.

En la zona de estudio, se fabrican piezas de cerámica vidriada con esmalte a base de óxido de plomo que genera cierto gradiente del metal en la atmósfera, el suelo y la población<sup>4,5</sup>. Con el horneado de piezas a baja temperatura el plomo queda disponible para reaccionar con el alimento contenido en estas. La concentración media de plomo (1.265 ppm) en alimentos cocinados en recipientes de barro vidriado fue muy superior a la de aquellos cocinados en recipientes de acero inoxidable (4 ppm)<sup>6</sup>. Recientemente, distintos programas de salud en México promueven el uso de otro esmalte sin plomo; no obstante, las piezas vidriadas con esmalte a base de plomo aún se fabrican y la población

las utiliza en la preparación y el consumo de alimentos. Se han descrito valores elevados de plomo sanguíneo en escolares y sujetos mayores de 16 años<sup>7</sup>, así como en más del 80% de las personas de entre 21 y 49 años de edad<sup>8</sup>; los cuales se han atribuido a la fabricación y el uso alimentario de cerámica vidriada decorada con esmalte que contiene plomo<sup>7-11</sup>. En la frontera México-Estados Unidos se halló que la concentración media de plomo sanguíneo en niños mexicanos fue de 4,3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , mientras que en niños estadounidenses fue de 2,2  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , lo que señala una diferente distribución de riesgos<sup>12</sup>.

Los efectos de intoxicación crónica por plomo se reflejan en casi todos los sistemas y órganos del ser humano. Entre la población con alto riesgo están los niños menores de edad y las mujeres embarazadas debido a que la exposición *in utero*, aun en dosis bajas (10-20  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre del cordón umbilical), afecta al desarrollo temprano del niño y produce retraso en el crecimiento físico y las funciones neurológicas<sup>13,14</sup>. La exposición crónica se ha asociado a disminución de la fertilidad en ambos sexos<sup>15</sup>, bajo peso al nacer y déficit de talla, disminución del rendimiento intelectual<sup>16</sup>, disminución de la agudeza auditiva y dificultades para la concentración y memoria<sup>17,18</sup>, daño renal, hipertensión, trastornos digestivos, dolores musculares y en articulaciones, osteoporosis<sup>19</sup>, alteración de los mecanismos de defensa del organismo y del metabolismo de fármacos en el hígado por su acción sobre el citocromo P450<sup>20</sup>, anemia, dolores de cabeza y convulsiones<sup>21</sup>. No obstante los signos y síntomas de la intoxicación por plomo, el método más recurrido para su detección en tejidos es la concentración sanguínea<sup>22</sup>.

La cantidad de plomo que pasa del intestino a la sangre puede ser del 10% en adultos y del 40-50% en niños; basta 1 mg diario durante 15 días para que aparezcan glóbulos rojos punteados<sup>23</sup>. Se puede acumular en sangre, hígado, pulmones, riñones y médula ósea, con una vida media de 36 días; después migra hacia el sistema óseo o bien es excretado por la orina<sup>24</sup>. Un 95% del plomo de los huesos puede permanecer durante 17-27 años, pero puede liberarse al aumentar los requerimientos de calcio, como durante el embarazo, con alto riesgo para el feto ya que traspasa fácilmente la placenta<sup>25-27</sup>. Durante la lactancia, se excreta en la leche materna<sup>28</sup>. Las mujeres en edad reproductiva pueden convertirse en una fuente de exposición directa al plomo para el feto y el niño lactante<sup>22,29,30</sup>.

Aunque se ha descrito exposición a plomo en población de distintos países, su impacto en la salud no es el mismo<sup>31,32</sup>. Existe evidencia de que un consumo adecuado de nutrientes, particularmente de vitamina C<sup>33</sup>, hierro<sup>34</sup>, calcio<sup>35</sup>, fósforo<sup>36</sup> y cinc<sup>37</sup>, limita la fijación y los efectos tóxicos del plomo en el organismo<sup>38</sup>. La suplementación materna con calcio se ha asociado a reducción en las concentraciones sanguíneas de plomo durante el embarazo y la lactancia en humanos y en animales<sup>39</sup>. El escaso valor de hierro sanguíneo en niños de 6 meses de edad se asoció a mayor concentración de plomo en sangre<sup>40</sup>.

El propósito de este trabajo fue estudiar la relación entre el valor de plomo sanguíneo (VPS) y la adecuación (%) en el consumo de nutrientes en mujeres embarazadas del sur de México. Adicionalmente, estudiar el papel de otros factores concomitantes.

## Material y métodos

Se realizó un estudio observacional, transversal. Participaron 424 mujeres gestantes que acudieron a la consulta de control del embarazo, durante el periodo 2006-2007, en los 9 centros de salud ubicados en la ciudad de Oaxaca y zona conurbana, pertenecientes a los Servicios de Salud de Oaxaca, organismo del Sistema Nacional de Salud de México. Las participantes cubrieron los siguientes criterios: asistir a la consulta de control de embarazo, tener 6 o más meses de gestación, haber habitado permanentemente en la zona de estudio durante uno o más años, especificar por escrito su consentimiento informado y participación voluntaria, haber respondido a los cuestionarios de información sociodemográfica y de dieta, haberse sometido a la valoración clínica y a la determinación de VPS. No hubo casos de falta de respuesta.

El tamaño de muestra ( $n$ ) se calculó con la fórmula  $n = p q / (e / 1,96)^2$ , considerando un porcentaje poblacional ( $p$ ) esperado de VPS > 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  del 50%,  $q = 1 - p$ , error del 0,05% y nivel de confianza del 95%. Se obtuvo  $n = 385$  a los que se sumaron 39 casos (10%) previendo una tasa de participación del 90%. El tamaño muestral fue de 424 mujeres, aunque no hubo casos de falta de respuesta.

Mediante la aplicación de un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos durante el último año, se obtuvo la media de consumo diario de nutrientes<sup>41</sup> y el porcentaje de adecuación a las recomendaciones establecidas para mujeres embarazadas mexicanas<sup>42</sup>. Los nutrientes incluidos

fueron: energía, proteínas, grasas, calcio, hierro total, hierro hem, cinc y vitamina C.

La valoración clínica incluyó determinaciones habituales en el control del embarazo: a) antropométricas: peso (kg), estatura (m) e índice de masa corporal ajustado sin producto (IMCa = Pa – PGT / E2, donde: Pa es el peso actual; E, la estatura en metros, y PGT, la ganancia de peso esperado por trimestre de embarazo: primer trimestre, 1,500 kg; segundo trimestre, 3 kg, y tercer trimestre, 7 kg)<sup>43</sup>; b) presión arterial sistólica y diastólica (mmHg), y c) hemoglobina (g/dl) y hematocrito (%) en sangre.

Se obtuvo una muestra de sangre entera (50  $\mu\text{l}$ ) por punzón digital que se recolectó en tubo capilar. La cuantificación de los VPS se realizó por electroquímica con el equipo LeadCare, que detecta concentraciones de plomo en sangre desde una cantidad de 1,4  $\mu\text{g}/\text{dl}$  hasta 65  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , mediante un sensor con electrodo de oro, sin mercurio ni otros materiales tóxicos. Las muestras obtenidas por la mañana se mantuvieron en refrigeración (4 °C) hasta su lectura, el mismo día de la extracción. El valor criterio de VPS fue 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , de acuerdo con el US Center for Disease Control and Prevention (CDC)<sup>44</sup> y la Secretaría de Salud de México<sup>45</sup>. Se clasificó con VPS elevado a las mujeres con concentración sanguínea > 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo.

En el análisis estadístico se aplicaron pruebas paramétricas al comprobar el supuesto de normalidad en la distribución de las variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. El análisis bivariante se basó en las pruebas de la t de Student y ANOVA; se describen las medias en cada grupo de comparación, así como su intervalo de confianza (IC) del 95% y la significación estadística. Mediante regresión logística multivariable se estimó el riesgo en relación con la prevalencia de VPS elevados en función de las exposiciones que mostraron asociación estadísticamente significativa en el análisis bivariante; se describe el valor de la odds ratio (OR), su IC del 95% y la significación estadística<sup>46</sup>.

## Resultados

De las 424 mujeres embarazadas participantes, el 58,3% tenía entre 13 y 25 años de edad; el 37% entre 26 y 35 años, y el 4,7% eran mayores de 35 años. El 56% de las mujeres habitaban en el medio urbano y el 44% en el medio suburbano. La mediana de escolaridad fue de 9 (0-20) años de estudio. El 58% contaba con un trabajo asalariado.

Entre las posibles exposiciones a plomo se observó que un 12% de ellas estaban expuestas a humos de vehículos, esmaltes, gasolina o solventes. Un 30% carecía de instalación hidráulica en su vivienda, un 54% la tenían de cobre con soldadura de plomo y un 16% de otros materiales. El 28% bebía agua del grifo con o sin filtrar. Un 45% utilizaba cerámica de barro vidriado con fines alimentarios, distribuidos de la siguiente manera: un 30% para guisar, un 11% para servir y/o consumir alimentos calientes y un 4% para consumir alimentos fríos. Con relación a la pintura de esmalte en la vivienda, un 68% la tenía en ventanas y puertas; un 20% en tanques de almacenamiento de agua, y un 26% en techo, muros y/o pisos.

El estudio clínico nutricional indicó que la muestra estaba constituida por mujeres con sobrepeso, baja estatura,

**Tabla 1** Caracterización de las mujeres embarazadas en función de la valoración clínica y de la dieta (n = 424)

Variable	Categoría	Mínimo-máximo	Média (IC del 95%)
Plomo sanguíneo	Valores ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	1,4-51,5	10,6 (9,9-11,3)
Valoración clínica	Peso (kg)	42,6-94,8	60,5 (59,4-61,5)
	Estatura (m)	1,1-1,7	1,5 (1,3-1,6)
	IMC	17,7-51,8	26,9 (26,4-27,3)
	Hemoglobina ( $\text{g}/\text{dl}$ )	6,6-16	12,4 (12,2-12,5)
	Hematocrito (%)	23-49,9	37,5 (37-37,9)
	PAS (mmHg)	60-140	105,3 (100,5-110,7)
	PAD (mmHg)	40-100	67,6 (66,7-68,5)
Consumo de macronutrientes	Energía (kcal/día)	455,3-2.927,2	1.359,7 (1.294,2-1.425,3)
	Hidratos de carbono (g/día)	60,8-441,7	245,5 (233-258,1)
	Proteínas (g/día)	20,8-76,2	39,7 (31,7-46,7)
	Lípidos (g/día)	28,2-118,3	32,7 (30,8-34,6)
Adecuación en el consumo de nutrientes	Cinc (%)	13,2-178,8	37,4 (34,9-39,9)
	Calcio (%)	48,4-197,6	88,2 (82,4-93,9)
	Hierro (%)	16-118,8	38,5 (36,7-40,4)
	No hem (%)	14,6-132,8	34,8 (33,3-36,7)
	Hierro hem (%)	1,4-48,9	12,8 (2,6-23,1)
	Vitamina A (%)	14,9-168,9	78,9 (61,8-96,9)
	Vitamina C (%)	13-204,4	84,6 (67,7-101,4)

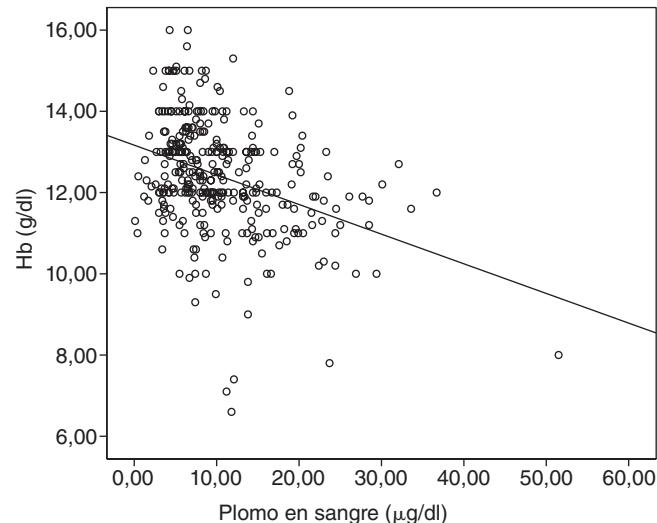
IC: intervalo de confianza; PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica.

**Tabla 2** Distribución de las mujeres participantes en función de los valores de plomo en sangre (VPS) (n = 424)

VPS ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Frecuencia (%)	Pacientes (n)
$\leq 10$	58,5	248
10,01-19,99	31,8	135
> 20	9,7	41

una tendencia de cifras altas de presión arterial sistólica y una dieta limitada en nutrientes; resalta la baja ingesta de hierro y cinc. Particularmente, el bajo consumo de productos de origen animal se tradujo en un limitado consumo de hierro hem (tabla 1).

La prevalencia de VPS elevados ( $> 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) fue del 41,5% (tabla 2). Entre las exposiciones en relación con VPS elevados se halló que las mujeres que utilizaban cerámica vidriada para guisar (45%) tenían una media de VPS superior (13,3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; IC del 95% 11,9-14,8), en comparación con aquellas que la utilizaban sólo para servir o consumir alimentos (10,3  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; IC del 95% 7,5-13) o quienes no la utilizaban (8,9  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; IC del 95% 5,3-11,5) (ANOVA,  $p < 0,0001$ ). Igualmente, quienes trabajaban con esmaltes y en el pintado de las piezas de cerámica (3%), presentaron una media de VPS mayor (26  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; IC del 95% 3,2-48,7) que aquellas que tenían otro tipo de actividad (10,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ; IC del 95% 7,7-14,4) (t de Student,  $p < 0,0001$ ). Otros factores estudiados, como el humo de vehículos, la instalación hidráulica con soldadura de plomo en la vivienda, pintura de esmalte en la vivienda y el tipo de agua de bebida, no tuvieron relación significati-

**Figura 1** Relación entre valores de plomo en sangre y concentración de hemoglobina (Hb) sanguínea. Coeficiente de regresión ( $\beta = -0,1$ ; intervalo de confianza del 95% -0,12 a 0,08) ( $p < 0,0001$ ).

va con VPS más elevados en las mujeres expuestas en comparación con las no expuestas.

Se observó que los VPS tienen efecto en parámetros clínicos. Entre las mujeres con VPS  $> 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ , la media de la presión arterial sistólica fue más elevada, la estatura era más baja y la media de valores de hemoglobina en sangre fue más baja; las diferencias fueron estadísticamente significativas en los tres casos (fig. 1, tabla 3).

**Tabla 3**

Efecto de los valores de plomo sanguíneo (VPS) en la estimación de la media e intervalo de confianza (IC) del 95% de parámetros clínicos (n = 424)

Indicadores clínicos	VPS ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	Media (IC del 95%*)	p
PAS (mmHg)	$\leq 10$	88,5 (86,1-90,8)	0,038
	> 10	107,1 (105,8-108,4)	
PAD (mmHg)	$\leq 10$	66,4 (64,9-67,9)	0,162
	> 10	68,4 (67,3-69,5)	
Estatura (m)	$\leq 10$	1,6 (1,5-1,6)	0,056
	> 10	1,5 (1,5-1,5)	
Hemoglobina (normal, 120-180 g/ dl)	$\leq 10$	13,6 (11,9-15,2)	< 0,0001
	> 10	8,7 (8-9,4)	
Hematocrito (normal, 37-52%)	$\leq 10$	38,6 (38-39,1)	< 0,0001
	> 10	35,8 (35,1-36,5)	

PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica.

\*Prueba de la t de Student para muestras independientes.

La valoración de la ingesta de nutrientes mostró que la media de VPS fue superior, con significación estadística, en los casos de bajo consumo de hierro hem, cinc, calcio, vitamina C, proteínas e hidratos de carbono. Sin embargo, en el caso del consumo de grasa la asociación se observó en sentido inverso, aunque sin significación estadística (tabla 4). Otros factores, como tener 25 años o más, obesidad y usar cerámica vidriada en la elaboración y/o consumo de alimentos, estuvieron asociados a VPS más elevados, con significación estadística (tabla 4).

En el análisis multivariable, los factores que mostraron asociación estadísticamente significativa, directa e independiente con los VPS elevados fueron: tener edad  $\geq 25$  años, presentar anemia, consumir o preparar alimentos en piezas de cerámica vidriada, tener obesidad y presentar una adecuación < 20% de hierro hem, < 80% de calcio, < 100% de cinc y < 80% de vitamina C, con respecto a mayores porcentajes de adecuación a las recomendaciones establecidas para embarazadas mexicanas (tabla 5).

## Discusión

Los VPS encontrados en las mujeres participantes fueron mayores (media, 10,6  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) que los de las mujeres embarazadas (4,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) de Monterrey<sup>47</sup> y aproximados a los comunicados en el Distrito Federal, México (10  $\mu\text{g}/\text{dl}$ )<sup>29</sup>.

Sin argumentar causalidad, por ser un estudio transversal, la evidencia muestra que la vía más importante de exposición al plomo no está en las características de la vivienda, el agua de consumo ni en los humos de vehículos, sino en el contacto con el óxido de plomo, ya sea por el trabajo artesanal de pintado de piezas o por medio del consumo de

alimentos en estas, lo que coincide con otros trabajos realizados en la zona de estudio<sup>6,9,11,48</sup>. Entre niños escolares de California, Estados Unidos, el consumo de alimentos elaborados e importados de Oaxaca se ha identificado como factor de riesgo de VPS elevados<sup>49,50</sup>.

Un 41,5% de las embarazadas tiene VPS elevados ( $> 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ ), lo que se traduce en daño a la salud materna en el presente, afectación a su esperanza y calidad de vida futura y riesgo para sus futuros hijos. Adicionalmente, hay un daño al ser humano en formación por la exposición fetal al plomo. Los hijos de las mujeres con VPS  $> 20 \mu\text{g}/\text{dl}$  (8% esto es unos 34 seres humanos en formación entre las mujeres participantes en el estudio) tenían alta probabilidad de nacer con un determinado VPS, lo que limitará su crecimiento físico, el desarrollo de su sistema nervioso central y su capacidad de aprendizaje, así como la fisiología de otros órganos, por mencionar algunos efectos derivados de la exposición al plomo sufrida durante su etapa de gestación.

Los resultados de la valoración clínica son coherentes con otros estudios en población de México<sup>47</sup> e India<sup>21</sup>, esto indica que la anemia y la hipertensión son efectos de la acción del plomo en el organismo. Es sabido que el plomo inhibe la síntesis de hemoglobina.

De acuerdo con la presente evidencia, una ingesta adecuada de hierro hem, cinc, calcio y vitamina C puede tener un efecto protector en el caso de la intoxicación crónica por plomo, en coincidencia con los hallazgos de otros autores<sup>33,35,37-39,47</sup>. En el modelo multivariable disminuyó la significación estadística del riesgo de VPS asociado a bajo consumo de vitamina C, que a su vez favorece la absorción de hierro, aunque se mantiene la tendencia de mayor riesgo de VPS elevados en relación con su menor consumo.

Es importante la magnitud de la exposición, pero a esta se añade la vulnerabilidad del grupo de población, que en este caso está determinada por la etapa de gestación y por la falta de una dieta adecuada que limite la fijación de plomo en el organismo, esto es, suficiente en hierro hem, proteínas, calcio, cinc y vitamina C<sup>42</sup>; así como la deficiente atención sanitaria y la falta de disponibilidad de un control sistemático de VPS para grupos con alto riesgo, como las embarazadas, los niños menores de 5 años y la población ocupacionalmente expuesta<sup>15</sup>, como existe en Francia<sup>51</sup> o en Estados Unidos<sup>44,52</sup>.

Instituciones internacionales (Agencia de Protección Ambiental y los CDC de Estados Unidos)<sup>44,53</sup> y la misma Secretaría de Salud en México<sup>45</sup> han establecido el protocolo de actuación para dar atención médica al problema. Según los valores de intoxicación, se recomienda una intervención nutricional y de control en casos leves; pero en casos severos, se requiere la intervención médico-toxicológica y el tratamiento con quelantes como edetato cálcico disódico (CaNa<sub>2</sub>EDTA), dimercaprol (BAL), ácido 2,3-dimercapto succínico (DMSA), con resultados y efectos secundarios específicos. Recientemente en algunos bioensayos, mezclas de N-acetilcisteína y metionina han mostrado efecto quelante y efectos favorables en la reducción de radicales libres<sup>54</sup>. Adicionalmente, es posible recurrir a alternativas de remediación para la contaminación ambiental por plomo<sup>55,56</sup>.

**Tabla 4** Medias de valores de plomo sanguíneo (VPS), en las mujeres participantes en función de categorías de factores de riesgo (n = 424)

Categorías	Mujeres (n)	VPS ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) (IC del 95%)	p*
Edad (años)			
< 25	222	9,7 (8,8-10,5)	0,025
25-35	182	11,5 (10,4-12,7)	
> 35	20	11,6 (9-14,2)	
Uso de cerámica vidriada en la preparación y/o el consumo de alimentos			
No	233	8,9 (5,3-11,5)	< 0,0001
Sí	191	12,8 (11,9-13,8)	
Índice de masa corporal			
< 30	306	9,2 (8,4-10)	0,019
$\geq 30$	118	11,8 (9,9-13,6)	
Hierro total (%adecuación)			
< 80	397	10,5 (9,8-11,2)	0,33
$\geq 80$	27	12,2 (6,6-17,8)	
Hierro hem (%adecuación)			
< 20	320	14,2 (9,8-19,3)	0,05
$\geq 20$	104	9,5 (8,8-10,2)	
Hierro no hem (%adecuación)			
< 50	260	10,6 (9,8-11,3)	0,41
$\geq 50$	164	10,4 (8,7-12,2)	
Calcio (%adecuación)			
< 80	55	11,8 (9,9-13,7)	0,056
$\geq 80$	369	10,1 (9-11,3)	
Vitamina C (%adecuación)			
< 80	203	11,8 (1,2-22,4)	0,05
80-99	121	10,5 (1,1-19,9)	
$\geq 100$	100	9,9 (9,1-10,8)	
Vitamina A (%adecuación)			
< 80	313	10,6 (9,8-11,4)	0,19
$\geq 80$	111	10,3 (8,9-11,7)	
Cinc (%adecuación)			
< 50	333	14,7 (10,8-18,6)	0,047
50-99	76	10,3 (9,1-11,6)	
$> 100$	15	10,5 (9,7-11,3)	
Energía (kcal)			
$\leq 2.000$	379	10,6 (9,8-11,3)	0,225
$> 2.000$	45	10,2 (7,8-12,6)	
Proteínas (g)			
$\leq 60$	375	19,3 (1,9-36,7)	0,006
$> 60$	49	10,5 (9,7-11,1)	
Hidratos de carbono (g)			
$\leq 300$	23	28,5 (6,9-50,1)	< 0,0001
$> 300$	401	10,4 (9,7-11,1)	
Lípidos (g)			
$\leq 55$	384	9,7 (7,1-12,2)	0,076
$> 55$	40	10,6 (9,9-11,3)	

\*Prueba de ANOVA.

## Conclusiones

Un 41,5% de las mujeres embarazadas participantes en el estudio presentaron VPS elevados ( $> 10 \mu\text{g}/\text{dl}$ ). La prepara-

ción y/o el consumo de alimentos en piezas de cerámica vidriada con esmalte de plomo y horneadas a bajas temperaturas son medios de exposición al plomo en la población estudiada. La anemia y la obesidad mostraron asociación

**Tabla 5** Modelo que explica el riesgo asociado a la prevalencia de valores de plomo sanguíneo elevados, en mujeres embarazadas, en función de factores concomitantes ( $n = 424$ )

Categorías	Mujeres (n)	OR (IC del 95%)	p *
Edad (años)			
< 25	222	1	
25-35	182	1,8 (1,2-2,8)	0,005
> 35	20	3,8 (1,4-10,3)	0,01
Anemia (hemoglobina < 12 g / dl)			
No	271	1	< 0,0001
Sí	153	3,1 (1,9-5)	< 0,0001
Usa cerámica vidriada en preparación y/o consumo de alimentos			
No	233	1	0,019
Sí	191	2,3 (1,5-3,6)	< 0,0001
Índice de masa corporal			
< 30	306	1	0,33
≥ 30	118	1,9 (1,1-3,5)	0,026
Adecuación de hierro hem (%)			
≥ 20	104	1	0,05
< 20	320	2,7 (1,1-6,6)	0,025
Adecuación de vitamina C (%)			
≥ 80	221	1	0,41
< 80	203	1,4 (0,9-2,4)	0,136
Adecuación de calcio (%)			
≥ 80	369	1	0,056
< 80	55	1,4 (1-2)	0,056
Adecuación de cinc (%)			
≥ 100	15	1	0,05
50-99	76	1,9 (1-3,5)	0,038
< 50	333	4,3 (2,2-8,7)	0,044

IC: intervalo de confianza; OR: odds ratio.

directa e independiente con VPS elevados. En las condiciones de la población estudiada, asegurar un consumo adecuado de hierro de origen animal, calcio, cinc y vitamina C puede representar una estrategia de prevención en la reducción de los VPS maternos, en la exposición al plomo del feto en desarrollo y del niño lactante y, consecuentemente, en las concentraciones de hemoglobina.

## Agradecimientos

Al Departamento de Riesgos Ambientales, la Subdirección de Salud Ambiental y la Dirección de Regulación y Fomento Sanitario de los Servicios de Salud de Oaxaca, como parte del Sistema Federal de Protección Sanitaria en México.

## Bibliografía

1. Aguilar MG, Piacitelli GM, Juárez PAC, Vásquez GJH, Hu H, Hernández AM. Exposición ocupacional a plomo inorgánico en una imprenta de la Ciudad de México. Salud Pública de México. 1999;41:42-54.
2. Ljung K. Metal and arsenic distribution in soil particle sizes relevant to soil ingestion by children. Appl Geochem. 2006; 21:1613-24.
3. Arnaud-Viñas MR, Pérez-Flores E, Pobras Chávez R. ¿Existe intoxicación crónica por plomo en la población oaxaqueña? Oaxaca, Población Siglo XXI. 2008;23:19-26.
4. González-Alafita O, Torres-López GN, Vez-Paniagua G, Triana MA, Méndez SE. Auditoría ambiental para organizaciones no industriales. Caso San Jacinto Amilpas Oaxaca. Oaxaca: Instituto Tecnológico de Oaxaca, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, PROFEPA; 2004.
5. Bautista-Cruz MA, Arnaud-Viñas MR. Elementos potencialmente tóxicos en suelos agrícolas con manejo de riesgo contaminante. Naturaleza y Desarrollo. 2006;4:36-42.
6. Díaz BF. Evaluación del riesgo por la exposición a plomo Caso 3. Curso de Autoevaluación de riesgo. CEPIS OPS-OMS, 1999.
7. Azcona MI, Borthenbergs SJ, Schnaas AL, Romero-Placeres M, Perroni-Hernández E. Niveles de plomo en sangre en niños de 8 a 10 años y su relación con la alteración en el sistema vasomotor y del equilibrio. Salud Pública de México. 2000;42:279-87.
8. Hernández SM, Olaiz FG. Factores de exposición a plomo en Santa María Atzompa, Oaxaca. Boletín Salud Ambiental. 1996;1:20-3.
9. Chantiri JN, Audelo R, Galván RR. Niveles de plomo en mujeres y niños alfareros. Revista Médica de la Universidad Veracruzana. 2003;3:203-18.

10. Espinosa C, Rojas M, Sejas D. Perfil socioeconómico de pacientes adultos monitorizados por exposición a plomo. CITUC: 1998-2000. *Rev Toxicol.* 2003;20:27-32.
11. Meneses-González F, Richardson V, Lino-González M, Vidal MT. Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del estado de Morelos, México. *Salud Pública de México.* 2003;45 Supl 2:S203-8.
12. Cowan L, Esteban E, McElroy-Hart R, Kieszak S, Meyer PA, Rosales C, et al. Binational study of pediatric blood lead levels along the United States/Mexico border. *Int J Hyg Environ Health.* 2006;209:235-40.
13. Dietrich KN, Succop PA, Bornschein RL, Krafft KM, Berger O, Hammond PB, et al. Lead exposure and neurobehavioral in later infancy. *Environ Health Perspect.* 1990;89:13-9.
14. Woolf AD, Goldman R, Bellinger DC. Update on the clinical management of childhood lead poisoning. *Pediatr Clin North Am.* 2007;54:271-94.
15. Sallmen M, Lindbohm ML, Anttila, Taskinen H, Hemminki K. Time to pregnancy among the wives of men occupationally exposed to lead. *Epidemiology.* 2000;11:141-7.
16. Kordas K, López P, Pbsado J, García G, Alatorre J, Ronquillo D, et al. Blood lead, anemia, and short stature are independently associated with cognitive performance in mexican school children. *J Nutr.* 2004;134:363-71.
17. Jiménez-Gutierrez C, Romieu I, Ramírez-Sánchez AL, Palazuelos-Rendón E, Muñoz-Quiles I. Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad. *Salud Pública de México.* 1999;41 Supl 2:S72-281.
18. Emory E, Pattillo R, Archibald E, Bayorh M, Sung F. Neurobehavioral effects of low-level lead exposure in human neonates. *Am J Obstet Gynecol.* 1999;181:S2-11.
19. Moeller DW. Environmental health. 3.<sup>a</sup> ed. Cambridge: Harvard University Press; 2005.
20. Carvalho FM, Slvany Neto AM, Tavares TM, Costa AC, Chaves CR, Nascimento LD, et al. Blood lead levels in children and environmental legacy of a lead foundry in Brazil. *Rev Panam Salud Pública.* 2003;13:19-23.
21. Ahamed M, Singh S, Behari JR, Kumar A, Siddiqui MKJ. Interaction of lead with some essential trace metals in the blood of anemic children from India. *Clinica Chimica Acta.* 2007;377:92-7.
22. Gonzales CT, Hernández M, Romieu I, Palazuelos E, Hu H, Aro A. Determinants of lead levels in lactating women in Mexico City. *FASEBJ.* 1999;3:345-8.
23. Alabdullah H, Bareford D, Braithwaite R, Chipman K. Blood lead levels in iron deficient and non iron-deficient adults. *Clin Lab Haem.* 2005;27:105-9.
24. Gulson BL, Mahaffey KR, Jameson CW. Mobilization of lead from the skeleton during the postnatal period is larger than during pregnancy. *Lab Clin Med.* 1998;131:324-9.
25. Tsuchiya H, Mitani K, Kodama K, Nakata T. Placental transfer of heavy metals in normal pregnant Japanese women. *Arch Environ Health.* 2006;63:317-20.
26. Scalzon J. Umbilical cord blood lead concentration. Relationship to urban or suburban residence during gestation. *Am J Dis Child.* 2003;121:325-6.
27. Rivera LM. Riesgo de exposición a plomo en el binomio madre-hijo. *Rev Fac Med UNAM.* 2002;45:164-9.
28. Rauda-Esquível L, Sanín LH, Trimmer-Hernández C, Muñoz I, Hernández-Avila M. Niveles de plomo en el binomio madre-hijo, veinticinco años después de ANAPRA. *Revista Salud Fronteiriña.* 2000;V:11-5.
29. Navarrete J, Sanín LH, Escandón C, Benítez G, Olaiz G, Hernández M. Niveles de plomo sanguíneo en madres y recién nacidos derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social. *Salud Pública México.* 2000;42:391-6.
30. Mehmet EA, Selim K, Ozgur P, Kazim U, Recep S. Relation of in utero lead exposure with insulin-like growth factor-I levels and neonatal anthropometric parameters. *Int J Hyg Environ Health.* 2007;210:91-5.
31. Glorenne P, Ledrans M, Fabres B. Déclenchement d'un dépistage systématique du saturnisme infantile autour des sites industriels. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique.* 2006;54:117-25.
32. Iglesias EA, Coupey SM, Markowitz ME. Hormonal contraception and blood lead levels in inner-city adolescent girls. *J Pediatr Adolesc Gynecol.* 2008;21:269-73.
33. Zentner LEA, Rondó PHC, Duran MC, Oliveira JM. Relationships of blood lead to calcium, iron, and vitamin C intakes in Brazilian pregnant women. *Clinical Nutrition.* 2008;27:100-4.
34. Maqsood A, Mohd K, Javed S. Environmental lead toxicity and nutritional factors. *Clinical Nutrition.* 2007;26:400-8.
35. Hernández-Avila M, González-Cossío T, Hernández-Avila JE, Romieu I, Peterson KE, Aro A, et al. Dietary calcium supplements to lower blood lead levels in lactating women: a randomized placebo-controlled trial. *Epidemiology.* 2003;14:206-12.
36. Penuela N, Bleatings KP, Fitch CW. Protein, phosphorus, and vitamin E intakes are associated with blood lead levels among WIC infants in rural West Virginia. *Nutrition Research.* 2006;26:96-9.
37. Hubbs-Tait L, Kennedy TS, Droke EA, Belanger DM, Parker JR. Zinc, iron, and lead: relations to head start children's cognitive scores and teachers ratings of behavior. *J Am Diet Assoc.* 2007;107:128-33.
38. Cantú MP, Reyes SR, Acuña ZS, Guzmán RG, Flores VG. Relación de los niveles de plomo en sangre con la ingesta de calcio y hierro en mujeres potencialmente gestantes. *Rev Salud Pública y Nutrición.* 2002;3:147-51.
39. Ettinger AS, Howard H, Hernández-Avila M. Dietary calcium supplementation to lower blood lead levels in pregnancy and lactation. *J Nutr Biochem.* 2007;18:172-8.
40. Chaparro CM, Fornes R, Neufeld LM, Alavez GT, Eguía Líz CR, Dewey KG. Early umbilical cord clamping contributes to elevated blood lead levels among Infants with higher lead exposure. *J Pediatr.* 2007;151:506-12.
41. Muñoz de Chávez M. Tablas de valor nutritivo de alimentos. México: McGraw Hill/ Interamericana; 2002. p. 1-518.
42. Bourges-Rodríguez H, Casanueva E, Pbsado JL, editores. Recomendaciones de ingestión de nutrientes para la población mexicana. Bases fisiológicas. Vitaminas y nutrientes inorgánicos. Vol. 1. México: Médica Panamericana; 2004.
43. Arroyo P, Reynoso M, Casanueva E. Peso esperado para la talla y edad gestacional. Tablas de referencia. *Gineco Obstet Mex.* 1995;53:227.
44. Center for Disease Control and Prevention. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Lead. Atlanta, GA, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2007.
45. Norma Oficial Mexicana de Emergencia para el control de plomo (NOM-199 SSA 1-2000). Criterios para la determinación de los niveles de contaminación de plomo en la sangre. Acciones para proteger la salud de la población no expuesta ocupacionalmente. México DF: Secretaría de Salud, 2000.
46. Sánchez-Cantalejo RE. Regresión logística en Salud Pública. 1.<sup>a</sup> ed. Granada: Escuela Andaluza de Salud Pública; 2000.
47. Cantú MP, Reyes SR, Acuña ZS, Guzmán RG, Flores VG. Relación de los niveles de plomo en sangre con la ingesta de calcio y hierro en mujeres potencialmente gestantes. *Rev Salud Pública y Nutrición.* 2002;3:147-51.
48. Arnaud-Viñas MR, Rojas-Chávez R. Efecto de fuentes antropogénicas sobre la contaminación por plomo en agua para uso humano y la prevalencia de intoxicación crónica en la población. *Higiene y Salud Ambiental.* 2009;9:514-22.
49. Handley MA, Hall C, Sanford E, Diaz E, González-Méndez E, Drace K, et al. Globalization, binational communities and im-

- ported food risks: Results of an outbreak investigation on lead poisoning in Monterey County, California. *Am J Public Health.* 2007;97:900-6.
50. Handley MA, Grieshop J. Globalized migration and transnational epidemiology. *Int J Epidemiol.* 2007;3:1-2.
51. Rollin L, Carré N, Garnier R. Greater Paris lead poisoning monitoring system (système de surveillance du saturnisme en Île-de-France [SSSLF]). Follow-up of children suffering from lead poisoning or at risk of lead poisoning in Greater Paris, 1992-2002. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique.* 2008;56:391-7.
52. Polivka BJ, Gottesman MM. Parental perceptions of barriers to blood lead testing. *J Pediatr Health Care.* 2005;19:276-84.
53. Kosnett MJ, Wedeen RP, Rothenberg SJ. Recommendations for medical management of adult lead exposure. *Environ Health Perspect.* 2007;115:463-71.
54. Calderón CL. Determination of the N-acetylcysteine and methionine effects in the cerebellum of rats intoxicated with lead. *Invest Clin.* 2008;49:17-28.
55. Goyal N. Comparative studies on the microbial adsorption of heavy metals. *Adv Environm Res.* 2003;7:311-9.
56. Al-Subu MM. The interaction effects of cypress (*Cupressus sempervirens*), cinchona (*Eucalyptus Longifolia*) and pine (*Pinus halapensis*) leaves on their efficiencies for lead removal from aqueous solutions. *Adv Environm Res.* 2002;6:569-76.