



Salud Pública de México

ISSN: 0036-3634

spm@insp.mx

Instituto Nacional de Salud Pública

México

Ordóñez, Blanca Raquel; Ruiz, Lidia; Mora, Refugio  
Investigación epidemiológica sobre niveles de plomo en la población infantil y en el medioambiente  
domiciliario de Ciudad Juárez, Chihuahua, en relación con una fundición de El Paso, Texas  
Salud Pública de México, vol. 45, núm. Su2, 2003, pp. 281-295  
Instituto Nacional de Salud Pública  
Cuernavaca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10608815>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Investigación epidemiológica sobre niveles de plomo en la población infantil y en el medio ambiente domiciliario de Ciudad Juárez, Chihuahua, en relación con una fundición de El Paso, Texas\*

Blanca Raquel Ordóñez, Dra,<sup>(1)</sup> Lidia Ruiz Romero, Dra,<sup>(2)</sup> Refugio Mora, Ing.<sup>(3)</sup>

*Esta investigación tiene por objeto determinar los niveles de plomo en sangre de una muestra representativa de población infantil de Ciudad Juárez y de la zona situada al noroeste de esta ciudad. Se estableció una correlación entre los niveles de plomo en sangre con los de plomo en el polvo intradomiciliario y en la tierra de sus patios, teniendo en cuenta el que pudiera ingerirse a través de la loza utilizada en la preparación de las comidas, así como el posible riesgo ocupacional.*

**D**esde hace mucho tiempo se reconoce que el saturnismo es una enfermedad ocupacional que afecta a los trabajadores que se hallan expuestos a altas concentraciones de plomo durante largos periodos; pero recién en los últimos tiempos se ha descrito y discutido el problema de salud en poblaciones sujetas a dosis bajas, que se encuentran alejadas de los sitios en los que se trabaja con dicho metal.<sup>1-4</sup>

No se trata ya de reconocer una enfermedad cuya sintomatología aparente por sí sola facilita el diagnóstico, sino de enfocar otros problemas de salud que, en ocasiones, sólo tratan de alteraciones funcionales trascendentes que comúnmente pasan inadvertidas y que se pueden llegar a descubrir mediante pruebas muy precisas. Estos problemas, que afectan no sólo a los trabajadores sino a la población en general, preocupan cada vez más a los científicos y autoridades de salud pública.<sup>5-8</sup>

El plomo penetra en el organismo a través del aparato digestivo o el respiratorio. La intoxicación puede tener múltiples orígenes y su difusión puede realizarse por todos los medios, tanto por el agua como por el aire, o bien a través de los alimentos o por vía más directa. Así, se ha comprobado que los hijos de los trabajadores de fábricas tienen niveles de plomo significativamente mayores en su organismo, dado que sus padres lo llevan al hogar en su cuerpo o en sus ropas.<sup>9</sup>

\* Reproducido con el permiso de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Para obtener información acerca de las publicaciones de la OPS debe dirigirse a PAHO Sales and Distribution Center. Fax: (301) 206-9789, correo electrónico: paho@pmds.com; página web: <http://publications.paho.org>.

Trabajo presentado en la XXXIII Reunión Anual de la Asociación Fronteriza Mexicana-Estadounidense de Salud. Celebrada en Los Angeles, California. 7-10 de abril de 1975.

(1) Jefe Área Salud del Programa Mejoramiento Ambiental México-PNUD. Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Secretaría de Salubridad y Asistencia, México.

(2) Jefe. Departamento Técnico de los Servicios Coordinados de Salud Pública en el Estado de Chihuahua. Secretaría de Salubridad y Asistencia, México.

(3) Jefe. Laboratorio. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Secretaría de Salubridad y Asistencia, México.

El aire es un vehículo común de plomo, ya sea que provenga por combustión de la gasolina de los automóviles o, en concentraciones más altas, de la chimenea de la fábrica donde se trabaja el metal. En este caso, los habitantes que viven en las cercanías de una de estas empresas pueden absorber el plomo por el árbol respiratorio, si las partículas son pequeñas, o por deglución si estas son mayores. Cuando las partículas, junto con el polvo ambiental, se depositan en los objetos y en el suelo de los hogares o de sus alrededores, los niños resultan ser los más expuestos, ya que son los que con mayor facilidad se llevan a la boca sus manos u objetos contaminados con ese polvo.<sup>10,11</sup>

La loza mal horneada también constituye un problema serio, sobre todo en México, donde su uso es muy frecuente y donde una buena proporción de los artesanos carecen de instalaciones adecuadas que aseguren que la producción de la loza se realice sin el desprendimiento del metal.

Se ha comprobado que los problemas de salud, como consecuencia de la exposición a dosis bajas en las calles o en los propios hogares de la población circunvecina a una fábrica, pueden ser hematológicos o psiconeurológicos.<sup>12-14</sup> A través de la dosificación de protoporfirinas exoeritrocíticas en orina, se han constatado las alteraciones hematológicas que resultan de esta exposición por inhibición enzimática de la hemosíntesis, especialmente en los niños que alcanzan niveles en sangre de 40 a 80 µg de Pb/100 ml.<sup>2,10</sup>

Mediante el empleo de distintas pruebas psiconeurológicas, se ha tratado de probar el daño que causa esta contaminación al sistema nervioso y que se manifiesta por la disminución de la velocidad de conducción motora, la debilidad muscular periférica, la disminución de la coordinación de movimientos, la respuesta baja a las pruebas de inteligencia y la hiperactividad. Sobre todo, son motivo de preocupación las repercusiones que puedan producirse a largo plazo, como el retraso mental y los cambios en la conducta, aunque en realidad lo que se requiere es desarrollar más parámetros que permitan realmente valorar el daño al sistema nervioso.<sup>15-18</sup>

Aún no se conocen con precisión otras lesiones, particularmente las que afectan al riñón, así como otros daños congénitos y de transmisión placentaria, actualmente en estudio.<sup>19</sup>

Los autores de este trabajo están interesados en demostrar el riesgo a que está sujeta una población, especialmente los niños, que habita en las inmediaciones de una fundición situada en territorio de Estados Unidos, a unos metros de la frontera con México. Las autoridades de México, con la colaboración del Centro para el Control de Enfermedades de Atlanta (CDC), realizó un estudio de la situación existente.

## Antecedentes

En diciembre de 1971, las autoridades de salud del condado de El Paso, Texas, informaron que una de las fundiciones de esa ciudad, situada a 2.5 millas del centro, había emitido a la atmósfera durante los tres años precedentes, 1 116 toneladas de plomo, 560 de zinc, 12 de cadmio, y 1.2 de arsénico. Las concentraciones de partículas de plomo del medio circundante de la fundición eran 100 veces mayores que en la periferia, y, aunque disminuían a una distancia de dos millas, se encontraban todavía presentes en cantidades elevadas, a una distancia de 6.5 millas.

A mediados de 1972, las autoridades locales de salud de El Paso, juntamente con las autoridades federales, a través del CDC, llevaron a cabo un estudio a fin de determinar los niveles de plomo que alcanzaba la población dentro de un perímetro de 4.1 millas de diámetro alrededor de la fundición, así como del medio ambiente físico. Los resultados de dicho estudio revelaron concentraciones elevadas de plomo en sangre, principalmente en los niños de 1 a 4 años de edad. Se estableció una correlación positiva entre los niveles de plomo en sangre y la concentración de este metal en el polvo de las casas; en cambio, no hubo relación con la exposición a pinturas de plomo, plomo en el agua, alimentos o loza que lo contenían.<sup>20</sup>

Este estudio abarcó la población estadounidense, alguna de origen mexicano que reside al norte, noreste y noroeste de la fundición; faltaba determinar lo que ocurría entre la población mexicana que vive al sur y suroeste de la mencionada planta. El Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, emprendió un estudio sobre la población residente en territorio mexicano.

Al sur y sureste del río Bravo o río Grande, a la altura de la fundición, se extiende una amplia zona montañosa, árida e inhóspita. Dentro del área de los cuatro primeros kilómetros más cercanos a la fundición, viven algunas familias en condiciones deplorables, ya que se trata de asentamientos humanos sin posesión legal de sus tierras ("paracaidistas") que no cuentan con servicios urbanos regulares. Al sur y suroeste de esta zona montañosa, a más de cuatro kilómetros, ya no hay habitantes; en cambio, al sureste, a esa distancia de la fundición, se encuentra Ciudad Juárez, con una población superior a medio millón de habitantes (figura 1).

El objetivo de la investigación era determinar los niveles de plomo en sangre de una muestra representativa de niños de 1 a 9 años de edad, de la población de Ciudad Juárez y de la zona situada al noroeste de la ciudad, circunvecina a la planta señalada.

Además, se intentaba establecer una correlación entre los niveles de plomo en sangre hallados en estos niños, y los niveles de plomo en el polvo intradomiciliario y en la tierra de sus patios; en esta valoración se tenía en cuenta el plomo que pudiera ingerirse por la loza vidriada que se utilizaba en la preparación o consumo de los alimentos, así como el posible riesgo ocupacional.

### Metodología

Antes de seleccionar la muestra, se procedió a preestratificar el universo de trabajo, según su distancia de la fundición y la edad de la población en riesgo.

Con objeto de poder comparar los resultados de este estudio con el realizado en El Paso, Texas, El Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente aceptó la gestión del CDC en el sentido de tomar cinco diferentes distancias radiales de la fundición en millas y no en kilómetros, a saber: I, menos de una milla (1.6 km); II, de una a dos millas y media (1.6 a 4 km); III, de 2.6 a 4 millas (4 a 5.4 km); IV, de 4.1 a 6 millas (5.4 a 9.6 km), y V, de 6.1 a 8 millas (9.6 a 12.8 km). Dentro de los círculos concéntricos de los dos primeros sectores anulares se incluía la población que reside en la zona montañosa, fuera de Ciudad Juárez, en tanto que los tres círculos más alejados de los sectores III, IV y V, comprendían íntegramente la población de Ciudad Juárez (figura 1).

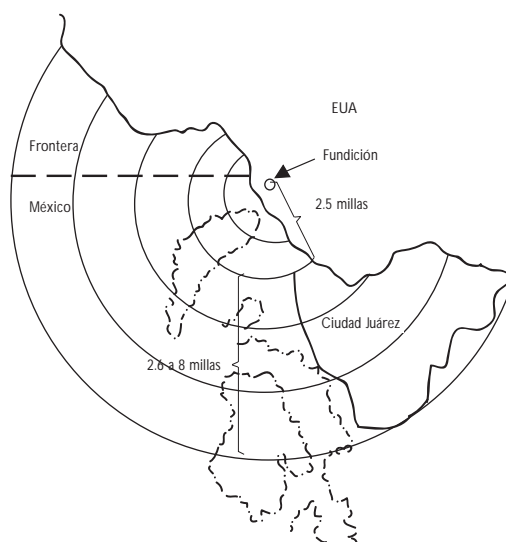


FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA FUNDICIÓN EN RELACIÓN CON CIUDAD JUÁREZ

Dado que los niños corren el mayor riesgo de intoxicación por el plomo emitido a través de las chimeneas de una fundición, se pensó limitar esta investigación a los menores comprendidos entre 1 y 9 años de edad, divididos en dos grupos: de 1 a 4 y de 5 a 9 años. Se consideraron de este modo 10 subgrupos, de dos edades diferentes para cada una de las cinco distancias establecidas.

En teoría, se consideraba que estudiar 100 niños de cada subgrupo, es decir 1 000 en total, superaría en mucho el mínimo necesario; pero mientras que esto fue factible en los sectores III, IV y V, propiamente de Ciudad Juárez, fue imposible en los sectores I y II, dado que en esas áreas aledañas a Ciudad Juárez y muy próximas a la planta, residían sólo 146 familias, de las cuales 34 estaban comprendidas en la distancia I, a menos de una milla de la fundición, y 112 familias pertenecían a la zona II, a una y dos millas de distancia de la mencionada empresa. En estas dos zonas pudo estudiarse cuando menos a un niño de cada hogar, es decir, el 100% de las casas de esas zonas. En total se estudiaron 752 niños de 704 familias (cuadro I).

Puesto que se estudió todo el universo de hogares de los sectores I y II, sólo hubo necesidad de seleccionar muestras de hogares en las zonas III, IV y V, para lo cual se numeró y sorteó cada una de las manzanas incluidas en cada sector. De las manzanas seleccionadas, sólo se tomó un hogar, a fin de lograr un muestreo de mayor superficie. Normalmente se tomó a un niño de cada casa y como no se permitió la sustitución de los hogares con población ausente o que no aceptaba el estudio, se escogieron dos niños del hogar seleccionado inmediato siguiente a la familia que se había negado.

En 90% de los niños se tomó una sola muestra de sangre y dos en 10%, es decir, en 1 de cada 10 niños, a fin de poder enviar la muestra doble a un centro de referencia (CDC), como se señalará más adelante. Las muestras de sangre se recolectaron por succión en tubos al vacío (vacutainer), libres de plomo, y se usaron agujas desechables.

En cada hogar se obtuvieron muestras de polvo acumulado en los objetos domésticos (cuadros de pared, juguetes, rincones de los muebles, etc.) y se colocaron en una bolsa de polietileno; en total se obtuvieron 701 muestras de los 704 hogares visitados.

En otra bolsa de polietileno se depositó tierra superficial de los jardines, patios o huertas de las casas; se obtuvieron 637 muestras de los 704 hogares, ya que 67 viviendas no contaban con estos espacios anexos.

En cada hogar se procedió a examinar los utensilios de cocina y de mesa a fin de verificar si eran de loza o barro "vidriado", hecho que resultó positivo en 74 familias o sea poco más del 10% de la muestra; en este caso se pidió prestado uno de los utensilios más usados para su examen químico, como se verá más adelante.

En formularios diseñados para este fin se anotaron datos de identificación, sitios exactos de muestreo, tiempo de residencia de la familia en el lugar y posible riesgo ocupacional del padre o de algún familiar conviviente, según el trabajo desempeñado, el sitio y nombre de la empresa.

La recolección de datos y de muestras se llevó a cabo en la primera quincena de diciembre de 1974 y estuvo a cargo de pasantes de enfermería de las escuelas del Centro Médico de Especialidades y del Hospital General, así como de técnicos y oficiales sanitarios del Centro de Salud de Ciudad Juárez, quienes actuaron bajo la supervisión de médicos y enfermeras del mismo

Cuadro I  
MUESTREO POR SECTORES

Sectores	Familias estudiadas	Niños estudiados
I. <1 milla	34	35
II. 1 a 2.5 millas	112	113
III. 2.6 a 4 millas	188	198
IV. 4.1 a 6 millas	156	200
V. 6.1 a 8 millas	214	206
Total 704	752	

Centro de Salud. No cabe duda que el éxito del estudio se debe a la eficiencia demostrada por el grupo de trabajo.

Los cuestionarios y todas las muestras tal como se recolectaron, fueron enviados al Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, en la Ciudad de México, con excepción de los utensilios de loza que fueron tratados con ácido acético al 1% durante seis horas en el mismo Centro de Salud. Luego se envió este contenido depositado en frascos de polietileno, previa identificación. Al mismo tiempo, el Jefe del Laboratorio de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente recibió adiestramiento en el Laboratorio de Toxicología del CDC sobre las técnicas de análisis utilizadas en el estudio de El Paso, para medir los niveles de plomo en sangre, en polvo, en tierra y en loza, a fin de que los resultados de Ciudad Juárez fueran comparables.

En el laboratorio de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente se hicieron las determinaciones de plomo en sangre, para lo cual se usó la técnica de absorción atómica modificada con copas de Delves. En polvo y tierra se investigó plomo, cobre, zinc y cadmio, así como el plomo del contenido que se obtuvo de la loza recolectada, todo ello también por espectrometría de absorción atómica.<sup>21</sup>

El análisis de laboratorio fue "ciego", ya que los laboratoristas ignoraban la procedencia y datos generales de los sitios muestreados. Además, el 10% de las muestras tomadas por duplicado fueron enviadas al Laboratorio de Toxicología del CDC, sin que el laboratorio de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente supiera cuáles eran esas muestras. De esta manera se realizó la verificación externa de los resultados.

Los datos de los cuestionarios y los resultados de los exámenes de laboratorio, fueron procesados y analizados conjuntamente entre el Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y el Centro de Investigación para Latinoamérica de IBM.

## Resultados

Se establecieron tres rangos de niveles de plomo en sangre: de 0 a 39  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  como aceptables; de 40 a 59  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  ya inaceptables según las normas del Gobierno de EUA (en fecha posterior a este estudio las autoridades de EUA descendieron el máximo permisible en sangre a 30  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ), y de 60 y más  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  como francamente reveladores de problema.<sup>11</sup> Del total de 752 niños estudiados en las cinco zonas, el 91.5% mostró niveles aceptables de plomo, es decir, de 0 a 39  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  de sangre. El 8.5% rebasó el límite, de los cuales el 6.5% tuvo de 40 a 59  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , y el 2.0% superó los 60  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  (cuadro II).

Estos datos totales variaron de manera significativa en los cinco sectores. Así, en el sector I, (menos de una milla de distancia de la fundición), sólo el 48.3% de los niños tuvo cifras acepta-

Cuadro II  
NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE NIÑOS DE 1-9 AÑOS, SEGÚN LA DISTANCIA DE SUS HOGARES A LA FUNDICIÓN. CIUDAD JUÁREZ, DICIEMBRE DE 1974

$\mu\text{g}/100\text{ ml}$ de plomo en sangre	Sector I < 1 milla	Sector II 1 a 2.5 millas	Sector III 2.6 a 4 millas	Sector IV 4.1 a 6 millas	Sector V 6.1 a 8 millas	Total
0 a 39	48.3%	85.7%	91.0%	95.5%	96.7%	91.5%
40 a 59	32.2%	10.7%	6.9%	3.8%	3.3%	6.5%
60 o más	19.5%	3.6%	2.1%	1.2%	-	2.0%
Total de niños	35	113	198	200	206	752
Promedio	38.66	31.59	28.70	28.49	27.71	29.27
	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$
Desviación estándar	12.84	9.73	8.22	6.08	5.33	7.30

bles de plomo en sangre; en el sector II (situado entre 1 y 2.5 millas), esta proporción fue de 85.7%; en el sector III (a una distancia entre 2.6 y 4 millas), el porcentaje de niveles fue de 91.0%; en el sector IV (con una distancia de 4.1 y 6 millas), el porcentaje fue de 95.5, y finalmente, en el sector V (situado entre 6.1 y 8 millas de distancia) la cifra fue de 96.7%.

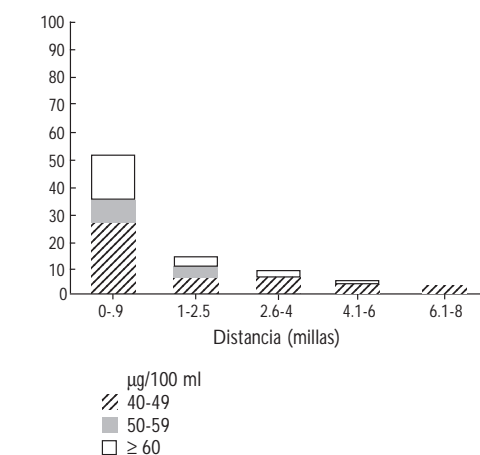
El promedio aritmético del plomo en sangre en el sector I fue de 38.66  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , con una desviación estándar de 12.9, la mayor observada en virtud del tamaño reducido de este grupo. El promedio en el sector II fue de 31.59 con desviación estándar de 9.73; en el sector III fue de 28.70 con una desviación estándar de 8.22; en el sector IV de 28.49  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  y su desviación fue de 6.08%; y finalmente, en el sector V se obtuvo un promedio aritmético de 27.71 con desviación estándar de 5.33.

En la figura 2, en la que aparecen exclusivamente las proporciones de niños con niveles de plomo mayores que los aceptables, se aprecia más claramente las diferencias halladas entre sectores. El 51.7% de todos los niños que residen a menos de una milla de distancia de la fundición, muestran niveles mayores de 40  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , es decir, que más de la mitad de los niños se encuentran en situaciones anormales. La proporción en el sector II fue menor, o sea de 14.3%; de 9.0% en el sector III; de 5.0% en el IV; y de 3.3% en el sector V.

En los cuatro primeros sectores hubo niños que tuvieron plomo en cantidades superiores a 60  $\mu\text{g}$ , pero mientras que en el sector I el 19.5% estuvo en esta situación especialmente severa, en el sector II fue de 3.6%, o sea mucho menor; en el sector III fue de 2.1% y en el sector IV de 1.2%. En el sector V no hubo niños con plomo en sangre por arriba de 60  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ .

Mediante las pruebas de significancia se corroboró que todas estas cifras son diferentes y que existe una correlación negativa estadísticamente válida con  $p \leq .001$ . Es decir, que a menor distancia existe en realidad una mayor concentración de plomo en sangre y, a la inversa, a mayor distancia la concentración de este metal en sangre es menor.

La proporción de niños con niveles de plomo en sangre iguales o superiores a 40  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , en edad de 1 a 4 años, fue mayor que en los de 5 a 9 años, pero esta diferencia fue mínima en algunos sectores. Así, en el sector I, más próximo a la fundición, la proporción era de 53% en los niños de 1 a 4 años de edad y de 50% en los de 5 a 9 años. En el sector II esa diferencia era más marcada, 18 y 11%, respectivamente; en el sector III era de 9% en ambos grupos; en el sector IV se observó la mayor diferencia ya que el 9% de los niños de 1 a 4 años de edad tenían niveles



\* Número de muestras tomadas

**FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE NIÑOS DE 1-9 AÑOS, CIUDAD JUÁREZ, DICIEMBRE DE 1974**

Cuadro III  
**PORCENTAJE DE NIÑOS DE 1-4 Y 5-9 AÑOS CON NIVELES DE PLOMO EN SANGRE  $\geq 40 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ,  
 SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN. CIUDAD JUÁREZ, DICIEMBRE DE 1974**

Sectores	Proporción de niños con Pb en sangre $\geq 40 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$	
	1 a 4 años (%)	5 a 9 años (%)
I. <1 milla	53	50
II. 1 a 2.5 millas	18	11
III. 2.6 a 4 millas	9	9
IV. 4.1 a 6 millas	9	3
V. 6.1 a 8 millas	4	3

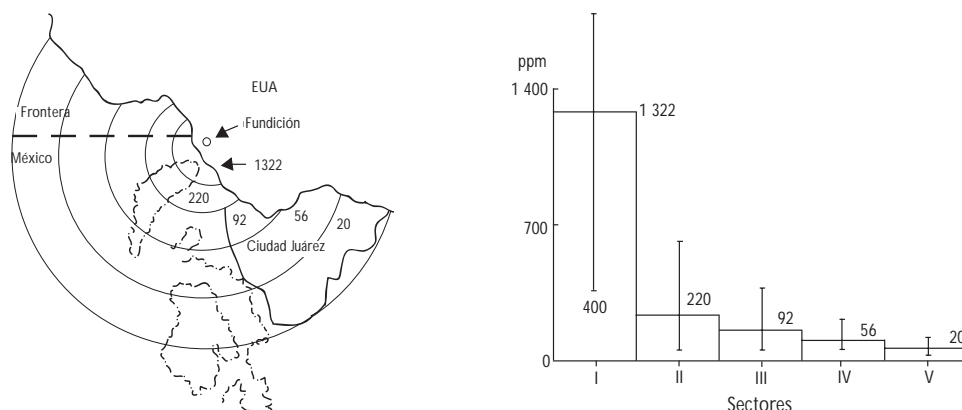
inaceptables de plomo en sangre y sólo el 3% de los niños de 5 a 9 años; finalmente, en el sector V la diferencia entre ambos grupos de edad volvió a ser pequeña, 4% en los niños de 1 a 4 años y 3% en los de 5 a 9 años (cuadro III).

La cantidad de plomo hallado en el polvo recolectado en el interior de las casas donde residían estos niños, varió en forma significativa de un sector a otro. El promedio en el sector I, en partes por millón de plomo, (ppm) fue de 1 322, con una desviación estándar de 930. En el sector II fue seis veces menor (220 ppm) y en el sector III no llegó a la mitad de esta última cifra (92 ppm); en el sector IV se obtuvo 56 ppm y en el sector V fue de 20 ppm (figura 3). A un nivel de significancia de  $P \leq 0.001$ , se prueba que, en efecto, el plomo en el polvo intradomiciliario disminuye a medida que aumenta la distancia de la fundición.

En la tierra de patios, jardines y huertos de las casas de estos niños, las concentraciones de plomo fueron menores que las encontradas en el polvo intradomiciliario, pero hubo asimismo diferencias significativas de un sector a otro.

Las cantidades encontradas fueron de 492 ppm en el sector I; 64 en el sector II; 27 en el III; 24 en el IV; y 14 en el sector V. Con un valor de  $p$  0.001 se establece que existe una correlación negativa; es decir, a menor distancia de la fundición hay mayores niveles de plomo en tierra y viceversa (figura 4).

Se correlacionaron las concentraciones de plomo en sangre con las encontradas en el polvo intradomiciliario y en la tierra. Mediante la línea de regresión por mínimos cuadrados, el coefi-



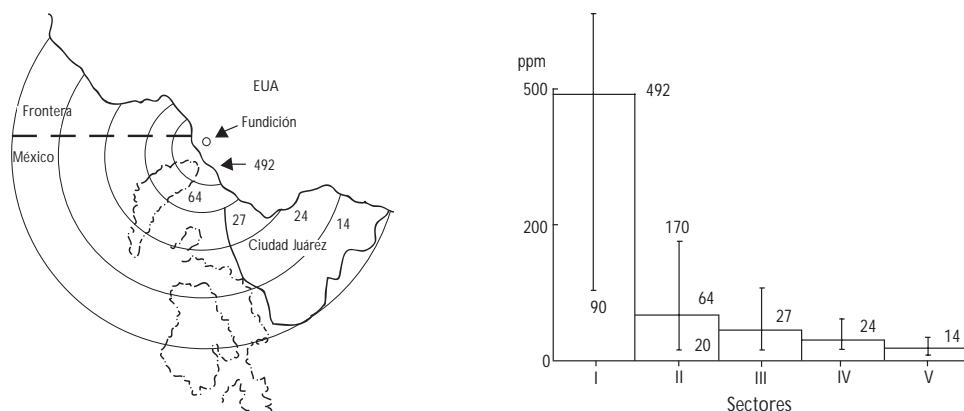
**FIGURA 3. NIVELES PROMEDIO DE PLOMO EN PPM, HALLADOS EN EL POLVO INTRADOMICILIARIO DE LAS CASAS MUESTREADAS SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**



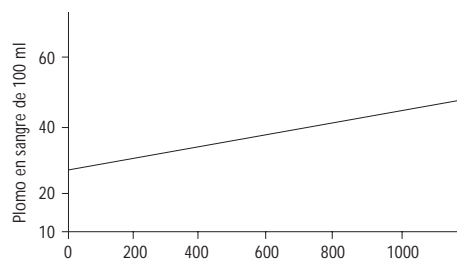
ciente de correlación y por la prueba *t* de Student, a un nivel de significancia de  $p$  0.001, se comprobó la correlación positiva, es decir, que cuanto mayores son las concentraciones de plomo en polvo intradomiciliario, más elevados los niveles de plomo en sangre de los niños (figura 5).

Mediante las pruebas mencionadas se comprobó asimismo que a mayor concentración de plomo en la tierra de patios, huertas o jardines, mayor concentración de plomo en sangre de los niños (figura 6). Esta última correlación no fue tan notable como la anterior.

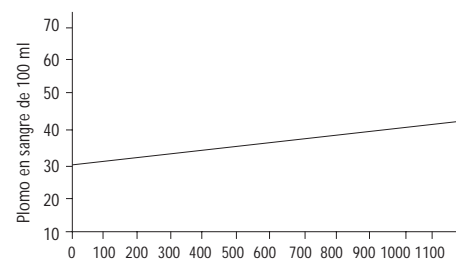
Este mismo hecho se analiza en la figura 7. Se puede comparar la concentración de plomo en polvo de los hogares de los niños que tuvieron niveles de plomo en sangre menores de  $40\mu\text{g}/100\text{ ml}$  con las concentraciones de plomo en polvo de las casas de los niños con niveles en sangre iguales o mayores de  $40\mu\text{g}/100\text{ ml}$ . Esta diferencia es mucho mayor que la observada entre las dos últimas barras de la gráfica; sin embargo, también se ve la diferencia entre las concentraciones de plomo en tierra de los hogares de los niños con niveles en sangre menores de  $40\mu\text{g}$  de plomo en  $100\text{ ml}$  y las que tienen los hogares de los niños con cifras iguales o mayores de  $40\mu\text{g}$  de plomo en sangre.



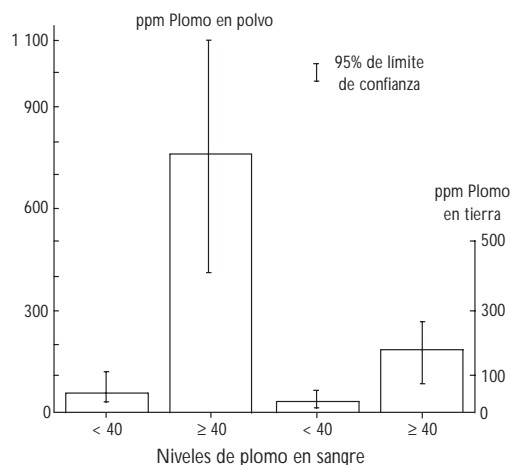
**FIGURA 4. NIVELES PROMEDIO DE PLOMO EN PPM, EN LA TIERRA DE LOS PATIOS Y JARDINES DE LAS CASAS MUESTREADAS SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**



**FIGURA 5. RELACIÓN ENTRE NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE LOS NIÑOS DE 1-9 AÑOS Y DEL POLVO INTRADOMICILIARIO DE SUS HOGARES**



**FIGURA 6. RELACIÓN ENTRE NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE LOS NIÑOS DE 1-9 AÑOS Y PLOMO EN TIERRA DE SUS PATIOS Y JARDINES**



**FIGURA 7. NIVELES PROMEDIO DE PLOMO EN SANGRE DE LOS NIÑOS DE 1-9 AÑOS, EN RELACIÓN CON LOS PROMEDIOS DE PLOMO EN POLVO INTRADOMICILIARIO Y TIERRA**

En este estudio era importante que se excluyera la influencia de otras dos variables: en primer lugar, el posible riesgo ocupacional del padre o convivientes, y en segundo lugar, la posible contaminación de los alimentos con el uso de la loza que pudiera desprender plomo.

El riesgo ocupacional se captó por declaración y, en lo posible, se trató de definirlo según el tipo de actividad que desempeñaban todos los miembros que trabajaban fuera de sus domicilios y que residían en los hogares seleccionados y, sobre todo, según el tipo de empresa en la que trabajaban.

En total, se encontró que 60 hogares tuvieron este posible riesgo, es decir en el 8%. Si bien en 7 de los 35 casos del sector I, o sea en 20%, el dato fue positivo, los niveles de plomo en sangre de esos niños posiblemente expuestos al riesgo ocupacional en sus hogares fue de menos de 30  $\mu\text{g}/100$  en cinco casos (14%), y sólo en dos casos (6%) se determinó plomo entre 40 y 59  $\mu\text{g}/100$  ml. En total, sólo 6 de los 60 niños de familias que se encontraban en estas circunstancias tuvieron niveles inaceptables de plomo en sangre. Aplicando la prueba de ji-cuadrado se comprueba la independencia entre el posible riesgo ocupacional de los padres o familiares y el nivel de plomo en sangre de los niños; es decir, que esta variable no influyó en la diferencia observada de niveles de plomo en sangre entre los sectores (cuadro IV).

Por lo que se refiere a la otra variable por excluir, los datos se consignan en el cuadro V. En él se observa que 74 de las 704 familias estudiadas (o sea una pequeña proporción, 10.5%), utilizaban loza vidriada; en el 89.5% restante, el riesgo fue negativo. La proporción de usuarios en los cuatro primeros sectores no varió en forma significativa.

De las 74 familias, no todas ingerían necesariamente plomo de la loza, ya que en la mayoría (47 familias), la loza desprendía, según las determinaciones hechas, menos de 10  $\mu\text{g}$  de plomo por mililitro. Sólo 27 familias (3.8%) de todas las estudiadas, tuvieron riesgo real, puesto que se comprobaron concentraciones de 10 o más microgramos de plomo por mililitro. Dado que esta proporción es tan baja, difícilmente pudo haber intervenido el factor "loza" en la notable diferencia que se encontró entre los sectores respecto a los niveles de plomo en sangre de los niños estudiados. Además, la proporción de los niños en riesgo de loza en el sector I es menor que la de los sectores II y III e igual a la del sector IV; por tanto, se infiere que esta otra variable tampoco influyó en el fenómeno observado relativo a mayores niveles de plomo en sangre en los niños que vivían más cerca de la fundición (cuadro V).

Cuadro IV  
FAMILIAS ESTUDIADAS CON POSIBLE RIESGO OCUPACIONAL DEL PADRE, SEGÚN NIVELES  
DE PLOMO EN SANGRE DE NIÑOS DE 1-9 AÑOS Y DISTANCIA DE LAS MISMAS A LA FUNDICIÓN

Niveles de plomo en sangre $\mu\text{g}/100\text{ ml}$	Sector I <1 milla		Sector II 1 a 2.5 millas		Sector III 2.6 a 4 millas		Sector IV 4.1 a 6 millas		Sector V 6.1 a 8 millas		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0 a 39	5	14	10	9	19	10	8	4	12	6	54	7
40 a 59	2	6	1	1	3	1	0	-	0	-	6	1
60 y más	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Total con posible riesgo	7	20	11	10	22	11	8	4	12	6	60	8
Número de muestra	35	100	113	100	198	100	200	100	206	100	752	100

Cuadro V  
FAMILIAS ESTUDIADAS QUE UTILIZAN LOZA DE BARRO PARA COCINAR O COMER,  
SEGÚN SU CONTENIDO DE PLOMO Y DISTANCIA DEL HOGAR A LA FUNDICIÓN

Sector	Total de familias estudiadas	Familias que utilizaron loza de barro		Promedio de plomo en loza <10 $\mu\text{g}/\text{ml}$		10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ o más	
		No.	%	No.	%	No.	%
I. <1 milla	34	5	14.7	4	11.8	1	2.9
II. 1 a 2.5 millas	112	20	17.9	13	11.6	7	6.3
III. 2.6 a 4 millas	188	23	12.2	11	5.9	12	6.3
IV. 4.1 a 6 millas	156	18	11.5	14	9.0	4	2.5
V. 6.1 a 8 millas	214	8	3.7	5	2.3	3	1.4
Total	704	74	10.5	47	6.7	27	3.8

Sin embargo, debe señalarse que si bien el uso de loza que desprende plomo no fue significativo en cuanto a su distribución por sectores, al revisar los niveles de plomo en sangre alcanzados por el total de los 26 niños expuestos al riesgo de loza, se demuestra que hubo cierta influencia en 10 de ellos, ya que era de esperarse, según las pruebas estadísticas de independencia aplicadas, que 23 niños y no 16 tuvieran niveles menores de  $40\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ; 1.6 y no 6, de 40 a  $59\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ; y 0.52 en lugar de 4, de 60 o más (cuadro VI).

De lo expuesto se concluye que la loza que desprende plomo representa un riesgo en sí misma, aunque este hecho fue muy poco frecuente en la zona fronteriza estudiada, y no influyó en la diferencia observada entre un sector y otro, es decir, que no explica la existencia de mayor proporción de plomo en sangre a menor distancia de la fundición.

Al medir plomo en sangre se capta un fenómeno agudo y no crónico, como sucedería si se hubiese determinado este metal en cabello o en dientes; tal como cabía esperar, el tiempo de residencia en la zona no fue factor determinante en la cantidad de plomo hallada en sangre, según las pruebas de significancia estadística aplicadas, aunque obviamente, debe influir en el daño a la salud de los niños, ya que al acumularse este metal, el problema es mayor cuanto más prolongada es la exposición.

El 19% de las familias tenían menos de dos años de residencia y el 72%, dos años o más; en el resto no se estableció con certeza el lapso. La proporción de familias con residencia de dos años o más correspondió al sector I (40%), lo que era de esperarse en virtud del tipo de población que habita en las zonas aledañas a la fundición. Esta proporción fue de 79% en el sector II, 83% en el III, 64% en el IV y 73% en el V (cuadro VII).

Cuadro VI  
NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE NIÑOS DE 1-9 AÑOS CON USO DE LOZA EN SUS HOGARES,  
PARA COCINAR O COMER, CON MÁS DE 10 µG/ML DE PLOMO

µg/100 ml de plomo en sangre	Sector I <1 milla		Sector II 1-2.5 millas		Sector III 2.6-4 millas		Sector IV 4.1-6 millas		Sector V 6.1-8 millas		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0-39	0	0	4	3.54	8	4.04	3	1.5	1	0.49	16	2.13
40-59	0	0	2	1.77	1	.51	1	0.5	2	0.97	6	0.79
60 o más	1	2.86	0	0	3	1.52	0	0	0	0	4	0.53
Total	1	2.86	6	5.31*	12	6.06	4	2	3	1.45	26	3.46
Número de muestras	35	100	113	100	198	100	200	100	206	100	752	100

\* En un niño con loza positiva en su hogar no se obtuvo muestra de sangre

Cuadro VII  
NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE NIÑOS DE 1-9 AÑOS, SEGÚN SU TIEMPO DE RESIDENCIA  
EN CIUDAD JUÁREZ Y LA DISTANCIA DE SUS HOGARES DE LA FUNDICIÓN

Niveles de plomo en sangre	Sector I		Sector II		Sector III		Sector IV		Sector V		Total	
	<2 años <sup>a</sup>	2 años o más*	<2 años*	2 años o más*	<2 años*	2 años o más*	<2 años*	2 años o más*	<2 años*	2 años o más*	<2 años*	2 años o más*
0-39	20%	23%	18%	66%	12%	75%	19%	60%	19%	70%	17%	66%
40-59	3%	14%	3%	9%	1%	6%	-	3%	1%	3%	2%	5%
60 y más	9%	3%	-	4%	-	2%	-	1%	-	-	-	1%
Subtotal	32%	40%	21%	79%	13%	83%	19%	64%	20%	73%	19%	72%
Se ignora tiempo de residencia	10	-	-	-	9	-	35	-	15	-	69	-
	28%	-	-	-	4%	-	17%	-	7%	-	9%	-
Total de la muestra	35	113	198	200	206	752	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

\* Tiempo de residencia en Ciudad Juárez

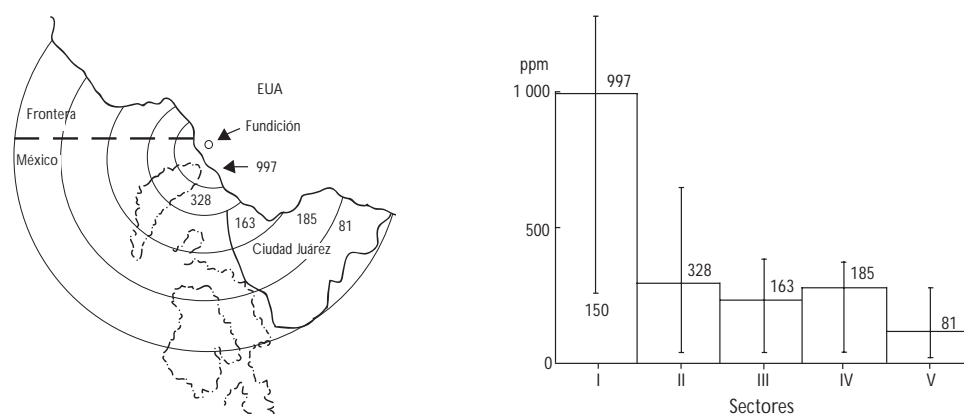
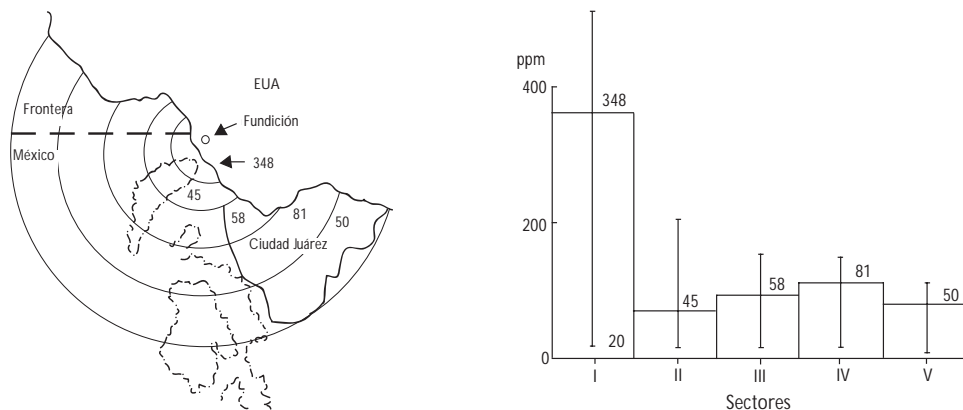
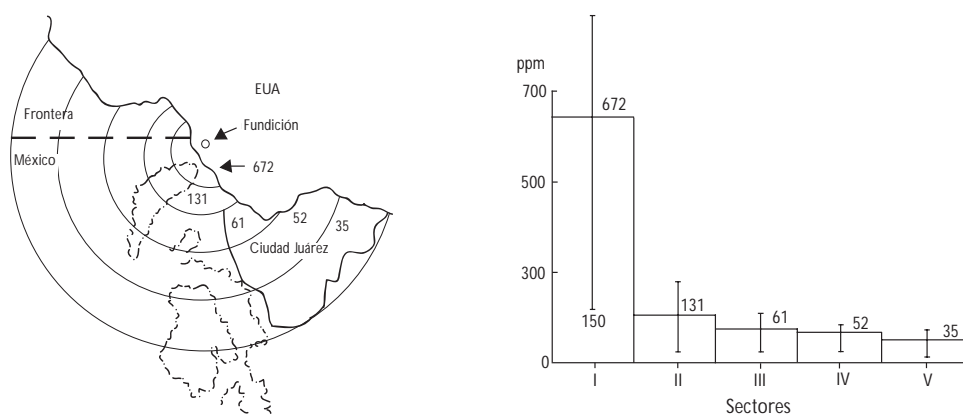


FIGURA 8. NIVELES PROMEDIO DE ZINC EN PPM, HALLADOS EN EL POLVO INTRADOMICILIARIO DE LAS CASAS MUESTREADAS SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN



**FIGURA 9. NIVELES PROMEDIO DE ZINC EN PPM, HALLADOS EN LA TIERRA DE LOS PATIOS Y JARDINES DE LAS CASAS MUESTREADAS SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**



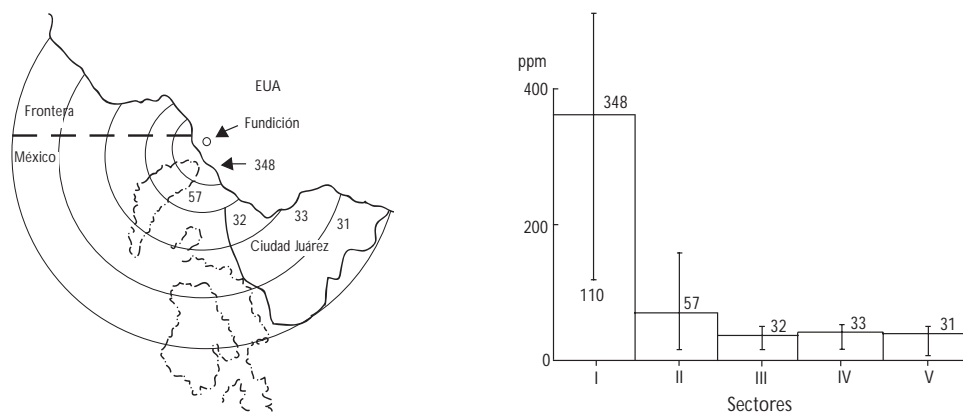
**FIGURA 10. NIVELES PROMEDIO DE COBRE EN PPM, HALLADOS EN EL POLVO INTRADOMICILIARIO DE LAS CASAS MUESTREADAS, SEGÚN LA DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**

Finalmente, se presentan las concentraciones promedio de zinc (figuras 8 y 9), de cobre (figuras 10 y 11), y de cadmio (figuras 12 y 13), halladas en el polvo intradomiciliario y en la tierra de patios, jardines y huertos de las mismas casas.

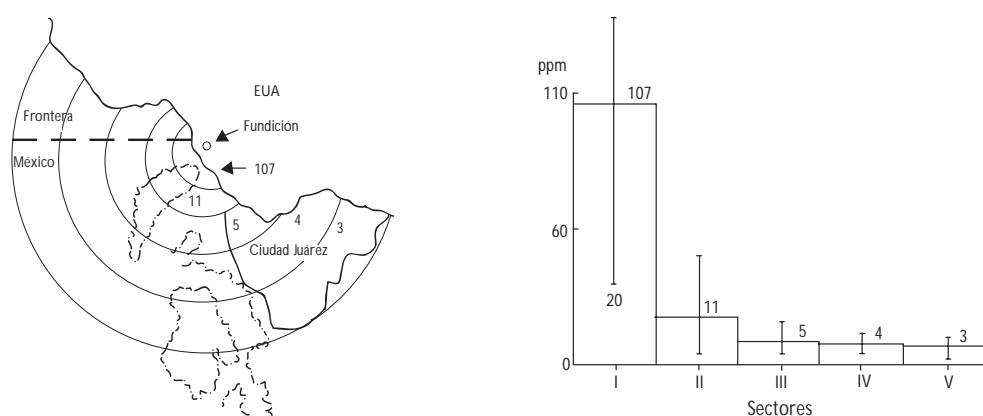
Las cantidades de estos elementos eran mayores a medida que disminuía la distancia a la planta y, en todos los casos, las concentraciones eran más elevadas en el polvo intradomiciliario que en la tierra. La prueba estadística de *t* de Student probó la correlación negativa, es decir, que a menor distancia de la fundición, la concentración de zinc, cobre y cadmio es mayor.

### Conclusiones

1. Cuanto más próximas de la fundición están las viviendas, mayores son los niveles de plomo en la sangre de los niños que habitan en ellas. Asimismo, es más elevado el contenido de



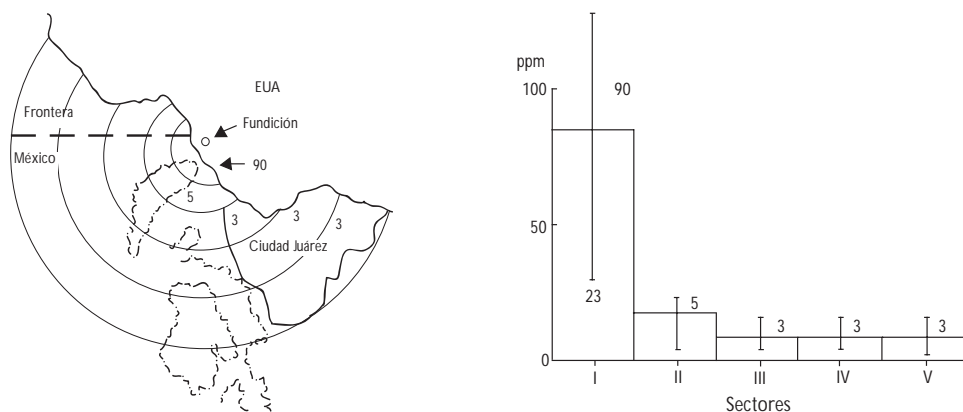
**FIGURA 11. NIVELES PROMEDIO DE COBRE EN PPM, HALLADOS EN EL POLVO INTRADOMICILIARIO DE LAS CASAS MUESTREADAS, SEGÚN LA DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**



**FIGURA 12. NIVELES PROMEDIO DE CADMIO EN PPM, HALLADOS EN EL POLVO INTRADOMICILIARIO DE LAS CASAS MUESTREADAS SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**

plomo en el polvo intradomiciliario y en la tierra de patios, huertas y jardines de las casas más cercanas a la planta metalúrgica.

2. Existe una correlación positiva entre los niveles de plomo en sangre de los niños y el contenido del metal en el polvo y en la tierra de sus hogares.
3. En los dos fenómenos anteriores no influyó el riesgo ocupacional ni el uso de utensilios de loza o barro que desprendieran plomo. No obstante, al parecer la ingestión del plomo proveniente de la loza determinó que en 10 niños los niveles alcanzados de este metal en sangre fueran altos.
4. Si se extienden los resultados en cuanto a la proporción de niños con niveles más altos de los aceptados de plomo en sangre, obtenidos en la muestra estudiada, a todos los menores de esas edades residentes en cada una de las tres zonas en que se dividió Ciudad Juárez (9.0% sector III; 5.0% sector IV; y 3.3% sector V) se estima que más de 8 000 niños de 1 a 9 años de



**FIGURA 13. NIVELES PROMEDIO DE CADMIO EN PPM, HALLADOS EN LA TIERRA DE LOS PATIOS Y JARDINES DE LAS CASAS MUESTREADAS SEGÚN SU DISTANCIA DE LA FUNDICIÓN**

edad tienen niveles de plomo en sangre superiores a lo tolerable, posiblemente con alteraciones hematológicas y neuropsicológicas que se pueden atribuir al plomo que desprenden las chimeneas de la fundición mencionada.

Dado que el metal se acumula, este problema será mayor a medida que estos niños se expongan durante periodos de tiempo más prolongados. Además, la cifra conservadora de 8 000 niños aumentará constantemente en virtud del elevado crecimiento demográfico natural y del no menos notable fenómeno de inmigración.

En breve, se procederá a desarrollar estudios específicos para medir este daño, para lo cual se usarán parámetros apropiados para el niño mexicano.

### Resumen

Se estudió una muestra representativa de los hogares de Ciudad Juárez y el 100% de los situados al noroeste de esa ciudad, cercanos a la fundición de El Paso, Texas, a determinar niveles de plomo en sangre por lo menos un niño de 1 a 9 años de edad de cada hogar, así como el plomo del polvo intradomiciliario y de la tierra de patios, jardines de la misma casa. Se estudió riesgo ocupacional y el de ingestión de plomo por uso de loza.

Se encontró que los niveles de plomo en sangre eran mayores en los niños cuyos hogares se encontraban más próximos a la fundición. Hubo una correlación positiva entre niveles de plomo en sangre y el contenido del metal en el polvo intradomiciliario y en la tierra de sus patios o jardines, estos hechos no influyeron el riesgo ocupacional ni el uso de utensilios de loza que desprendieran plomo.

### Referencias

1. Oyanguren H *et al*. Poisoning of industrial origin in a community. *Arch Environ Health* 13:185-189, 1966.
2. Diagnosis of inorganic lead poisoning: A Statement. *Brit Med J* 4:5629, 1968.

3. De Rosa E *et al.* Epidemia di saturnismo non professionale per inquinamento da effluenti industriali. *Igiene Moderna* 63: 472-484, 1970.
4. Hammer DI. Hair trace metal levels and environmental exposure. *Ower J Epidem* 93:84-92, 1971.
5. Lin-Fu JS. Vulnerability of children to lead exposure and toxicity. *New Engl Med J* 289:1229-1233, 1973.
6. Center for Disease Control. Morbidity and Mortality Weekly Report. Lead poisoning in Idaho. 23(37):323-324, 1974.
7. Needleman HL *et al.* Subclinical lead exposure in Philadelphia school children identification by dentine lead analysis. *New Engl J Med* 290:245-249, 1974.
8. Roberts TM *et al.* Lead contamination around secondary smelters: estimation of dispersal and accumulation by humans. *Science* 186:1120-1123, 1974.
9. World Health Organization. Health hazards of the human environment. Ginebra, 1972.
10. National Academy of Sciences Report prepared by Committee on Biological Effects of Atmospheric Pollutants. Lead, airborne lead in perspective. Washington, D.C. 1972.
11. U.S. Environmental Protection Agency. EPA's position on health. Implications of a airborne lead. Washington, D.C., 1973.
12. Colucci AV, Hammer DI *et al.* Pollutant burdens and biological response. *Arch Environ Health* 27:151-154, 1973.
13. De la Burdè B *et al.* Does asymptomatic lead exposure in children have latent sequelae? *J Pediatr* 81: 1088-1091, 1972.
14. Pueschel SM *et al.* Children with and increased lead burden a screening and follow up study. *JAMA* 222:462-466, 1972.
15. Balch RW. The effects of chronic increased lead absorption on the nervous system. *Bull Neur Soc* 38:91-99, 1973.
16. Feldman RG *et al.* Altered peripheral nerve conduction velocity. Chronic lead intoxication in children. *Am J Dis Child* 125: 39-41, 1973.
17. Perino J *et al.* The relation of subclinical lead level to cognitive and sensorimotor impairment in black preschoolers. *J Learn Disab* 7:26-30, 1974.
18. Landrigan PJ. Neuropsychologic dysfunction in children with chronic low level lead absorption. *Lancet* 1:708, 1975.
19. Landrigan PJ. The exposure of children to lead from industry: epidemiology and health consequences. Paper presented at the National Conference on health effects of occupational lead and arsenic exposure. Chicago, 1975.
20. Landrigan PJ *et al.* Epidemic lead absorption near an ore smelter. The role of particulate lead. *New Engl J Med* 292: 123-129, 1975.
21. Barthel WF. Modified Delves cup atomic absorption determination of lead in blood. *J Am Official Anal Chem* 56: 1252-1256, 1973.

Epidemiologic study of lead levels in children and in the household environment in Ciudad Juárez, Chihuahua, México, and an area near a foundry in El Paso, Texas, USA. (Summary)

A representative overall sampling of households in Ciudad Juárez, plus 100 per cent of the households in an area northwest of that city near a foundry in El Paso, Texas, were studied to determine the bloodlead level of at least one child within the 1-to-9 year age range in each home and the lead content of the dust inside the house and the dirt on its yard or grounds. The occupational risk was studied, as was the risk of lead intake from food prepared in enamel cooking utensils.

Bloodlead levels were found to be highest in children whose homes were closest to the foundry. There was a positive correlation between bloodlead levels and the lead content of the dust in the home and the dirt in its yard or grounds. No association was established between the higher lead levels and occupational hazards or the use of enamel cooking utensils that give off lead.