

# FUENTES DE PLOMO EN EMBARAZADAS DE LA CUENCA DE MÉXICO

STEPHEN JOEL ROTHENBERG, PH. D.,<sup>(1)</sup> IRVING A. PÉREZ GUERRERO, PSIC.,<sup>(2)</sup>  
ESTELA PERRONI HERNÁNDEZ, PSIC.,<sup>(3)</sup> LOURDES SCHNAAS ARRIETA, PSIC.,<sup>(2)</sup>  
SELENE CANSINO ORTIZ, DRA. EN PSIC.,<sup>(4)</sup> DAVID SURO CÁRCAMO, PSIC.,<sup>(2)</sup>  
JUAN FLORES ORTEGA, M.P.N.,<sup>(5)</sup> SAMUEL KARCHMER, DR. EN C.M.<sup>(6)</sup>

Rothenberg SJ, Pérez-Guerrero IA,  
Perroni-Hernández E, Schnaas-Arrieta L,  
Cansino-Ortiz S, Suro-Cárcamo D,  
Flores-Ortega J, Karchmer S.  
Fuentes de plomo en embarazadas de la  
Cuenca de México.  
Salud Publica Mex 1990;32:632-643.

## RESUMEN:

*En un gran porcentaje de la muestra estudiada de la Ciudad de México, conformada por embarazadas y sus productos, los niveles de plomo se encuentran en una categoría de exposición conocida por su mayor riesgo de producir retraso en el desarrollo de los niños. El modelo de los factores prenatales que predicen el plomo materno durante el embarazo, muestra un fuerte efecto del uso de la cerámica cocida a baja temperatura sobre el nivel de plomo. Los datos también sugieren una contribución importante del plomo atmosférico. Es alentador observar que durante los últimos 10 años, concurrentemente a la tendencia a la baja en el plomo atmosférico, ha habido una tendencia a la disminución en los niveles de plomo en las embarazadas residentes del Valle de México. No*

Rothenberg SJ, Pérez-Guerrero IA,  
Perroni-Hernández E, Schnaas-Arrieta L,  
Cansino-Ortiz S, Suro-Cárcamo D,  
Flores-Ortega J, Karchmer S.  
Lead sources in pregnant women in the  
Valley of Mexico.  
Salud Publica Mex 1990;32:632-643.

## ABSTRACT:

*Lead levels in samples of the groups at highest risk to the effects of lead exposure, pregnant women and their infants, are higher than levels known to produce developmental retardation in children in a considerable proportion of the sample tested in Mexico City. Modeling of prenatal factors predicting maternal lead during pregnancy shows the strong effect of the use of low-temperature ceramics on lead level. The data also suggests an important contribution from air lead. The downward trend in lead exposure in pregnant women in the Valley of Mexico over the last 10 years, concurrent with downward trends in air lead is encouraging. However, reducing the manufacture and use of leaded pottery could produce a significant further reduction of lead exposure with a*

(1) Investigador Titular "C", Departamento de Neurobiología del Desarrollo, Instituto Nacional de Perinatología (INPER); Psicólogo Asociado, Hospital McLean, Belmont MA; Profesor Asistente de Psicología, Departamento de Psiquiatría, Escuela Médica de Harvard, Boston MA, Estados Unidos.

(2) Psicólogo Clínico, INPER.

(3) Psicóloga Clínica, INPER; Directora Clínica de la Sociedad Mexicana de Psicoterapia Integral.

(4) Psicóloga Clínica, INPER; Profesora de la Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

(5) Médico Pediatra Neonatólogo Jefe del Servicio de Cuidados Inmediatos al Recién Nacido, INPER.

(6) Director General del INPER; Profesor Titular de Gineco-obstetricia y Perinatología, UNAM; Miembro Titular de la Academia Nacional de Medicina.

Fecha de recibido: 14 de noviembre de 1989

Fecha de aprobado: 13 de septiembre de 1990

*obstante, mediante un programa modesto de educación pública, regulación gubernamental y subsidio, además de la promoción de técnicas y materiales alternativos de fabricación del barro vidriado, podría producirse una reducción extra sustancial de la exposición al plomo.*

**Palabras clave:** plomo, embarazo, contaminación ambiental

*modest program of public education, government regulation and subsidization of lead free pottery.*

**Key words:** lead, pregnancy, environmental pollution

Solicitud de sobretiros: Dr. Stephen Rothenberg. Instituto Nacional de Perinatología. Montes Urales N° 800. Col. Lomas Virreyes, CP 11000. México, D.F.

**E**L PLOMO ES un metal tóxico sin funciones fisiológicas benéficas conocidas para los organismos vivientes. Es un metal pesado nocivo para la mayor parte de los sistemas del cuerpo y que interfiere con el metabolismo y la función celular. En los seres humanos produce efectos dañinos sobre los sistemas hematopoyético, hepático, renal, reproductivo, gastrointestinal y, lo que es más importante, repercute en los organismos en crecimiento, debido a su efecto en el Sistema Nervioso Central.<sup>1</sup> Las consecuencias varían de acuerdo a la edad, sensibilidad toxicológica del sistema y duración e intensidad de la exposición al plomo, las cuales tienden a ser más graves y se presentan con mayor frecuencia en organismos jóvenes, en desarrollo. Investigaciones recientes han demostrado que el periodo de mayor sensibilidad a la exposición es durante la gestación fetal y las primeras etapas de desarrollo postnatal, tanto en seres humanos como en animales.

Los niveles de contaminación del Valle de México son elevados debido a la alta densidad demográfica, industrial, vehicular y a sus características geográficas, topográficas y climatológicas.

Así, en las décadas de los setenta y ochenta, las mediciones de plomo en el aire\* mostraron niveles que excedían con frecuencia los 4 µg/m<sup>3</sup>. En varios estudios

importantes llevados a cabo en los ochenta, se encontraron niveles elevados de plomo en los residentes de la Ciudad de México. El estudio de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en una muestra de maestros de escuelas públicas, reveló niveles promedio en la sangre por arriba de 20 µg/dl, los más altos entre los 10 principales centros de población en el mundo contemplados en el estudio.<sup>2</sup> La investigación realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) en un grupo de trabajadores del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), reportó una media de plomo en sangre de 19.5 µg/dl para su muestra total, de 22.6 µg/dl para los hombres y 16.6 µg/dl para las mujeres.<sup>3</sup> En otro estudio se reportaron niveles promedio de 20 µg/dl en un grupo de 405 embarazadas, que dieron a luz en el Centro Médico Nacional.<sup>4</sup>

Este último dato tiene implicaciones especiales, ya que los estudios recientes informan que los niveles de plomo al momento del parto, tanto en la madre como en el cordón umbilical, se encuentran altamente correlacionados.<sup>5</sup> Otras investigaciones muestran que los niveles de plomo en el cordón umbilical que caen dentro de una amplitud de 10 a 25 µg/dl se encuentran asociados con un retraso en el desarrollo mental del niño en sus primeros dos años de vida.<sup>6-11</sup>

Si deseamos definir cuál es el costo mínimo de los daños que ocasiona la exposición al plomo en la Ciudad de México, debemos determinar los niveles actuales de exposición en los grupos de alto riesgo. Entre ellos se consideran a las embarazadas, fetos y niños pequeños, debido a su sensibilidad, incluso a bajas concentraciones del metal pesado. El estudio prospectivo de plomo en la Ciudad de México, que se está realizando en el Instituto

\* Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Datos proporcionados por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Subdirección de Garantía de Calidad del Aire, 1988.

Nacional de Perinatología (INPER) está dando seguimiento a una muestra de mujeres a partir de las 12 semanas de embarazo; en él se elabora una historia detallada de la exposición al plomo a lo largo del mismo, hasta el nacimiento del producto. Posteriormente, se evalúa el desarrollo neurológico y psicológico del bebé cada seis meses.

A continuación, se presentan algunos resultados relacionados con la exposición al plomo en una muestra de embarazadas, sus bebés y algunas de las fuentes de exposición materna.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron 250 mujeres que acudieron al INPER antes o en la semana 12 de embarazo, determinada a partir de la fecha de la última menstruación, respetando los siguientes criterios de exclusión:

- 1) Menor de 15 o mayor de 42 años de edad
- 2) Tensión arterial elevada controlada por medicamentos
- 3) Diabetes
- 4) Psicosis activa
- 5) Toxoplasmosis o rubéola durante el embarazo
- 6) Consumo habitual de drogas
- 7) Consumo diario de alcohol

Las pacientes seleccionadas fueron entrevistadas para obtener su consentimiento a participar en el estudio. Al nacer los hijos de las mujeres participantes del proyecto, éstos fueron seleccionados considerando los siguientes criterios de exclusión:

- 1) Puntuación Apgar a los cinco minutos menor a seis
- 2) Anormalidades congénitas serias
- 3) Edad gestacional inferior a 36 semanas
- 4) Peso menor a 2 000 gramos

Entre la semana 12 de embarazo y la 36, cada ocho semanas se tomaron muestras sanguíneas venosas en un Vacutainer de tapa morada con etilén-amino-tetra azuoi-co (EDTA). Posteriormente, se obtuvieron muestras similares cada semana hasta el momento del parto, en que se tomó una muestra materna y una del cordón umbilical. Cada seis meses se recolectó muestra de sangre del bebé. Las muestras fueron refrigeradas a 4°C hasta su envío por mensajería aérea a los Laboratorios ESA Inc., en Bedford, MA, Estados Unidos, donde se analizaron por duplicado

con el método de voltiamperimetría de separación anódica; se utilizó el analizador de trazas de metal ESA 3010A. Cuando los valores son menores a los 5 µg/dl, se reanalizan con el método de fotoespectrometría de absorción atómica en horno de grafito, también por duplicado. La media de los dos valores obtenidos fue la medida que se utilizó en los análisis estadísticos subsecuentes.

Los laboratorios ESA llevan a cabo un riguroso programa interno de control de calidad y participan en varios programas de este tipo, entre ellos el de la Asociación Americana de Química Clínica y el Colegio de los Patólogos Americanos de Estudios de Plomo Sanguíneo. Además, interviene como laboratorio de referencia en el programa de eficiencia de pruebas de plomo sanguíneo del Servicio de Salud Pública de Estados Unidos, del Centro de Control de Enfermedades en Atlanta.

Durante el embarazo se entrevistó a las pacientes para obtener información socioeconómica, de hábitos nutricionales y personales, problemas durante embarazos pasados y el actual; consumo de alcohol, tabaco, café y otras drogas, etcétera. También se obtuvo información adicional de su expediente en el archivo clínico del INPER.

Se llevaron a cabo análisis estadísticos univariados entre cada variable control y el plomo. El análisis de varianza (ANOVA) se utilizó con las variables control nominales, la correlación de orden de amplitud de Spearman se usó con las variables control ordinales y el análisis de regresión de Pearson se aplicó a las variables intervalares.

Utilizando los resultados de las pruebas univariadas, las variables que predijeron significativamente el plomo con  $p < 0.10$ , se emplearon en un análisis de regresión múltiple escalonado para construir un modelo, en el cual cada variable incluida contribuía de manera significativa e independiente a la predicción de plomo en la muestra. Las variables no intervalares fueron tratadas en el modelo como variables *dummy*.

### RESULTADOS

El cuadro I muestra las características básicas de esta selección. La mayor parte de las madres se encuentra entre los 20 y 30 años de edad, tiene pocos hijos y pertenece a la mitad inferior de la escala socioeconómica.

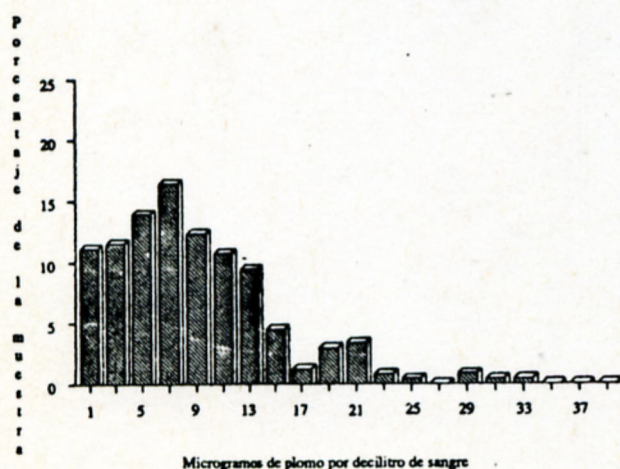
De la figura 1 a la 4 se observan las distribuciones proporcionales de frecuencias de las muestras de plomo obtenidas de las madres a las 12 semanas de embarazo y

**CUADRO I**  
Características de la muestra

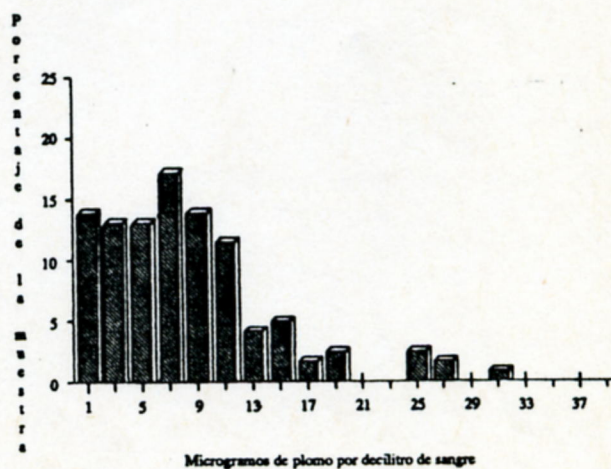
|                     | Edad de la madre (años) | Tiempo de vivir en el DF (años) | Ocupación del jefe de familia                  |
|---------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Media               | 28.2                    | 24.0                            | ----                                           |
| Mediana             | 28.0                    | 24.5                            | Obrero especializado                           |
| Desviación estándar | 6.6                     | 9.0                             | ----                                           |
| Amplitud            | 15-42                   | 1-42                            | De desempleado a ejecutivo-funcionario público |

|                     | No. de dependientes | Edad gestacional (semanas) | Peso al nacer (gramos) |
|---------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|
| Media               | -                   | 39.8                       | 3 131                  |
| Mediana             | 2                   | 40                         | 3 100                  |
| Desviación estándar | -                   | 1.36                       | 395.5                  |
| Amplitud            | 1-10                | 36.0-42.5                  | 2 000-4 325            |



**FIGURA 1.** Distribución de los niveles de plomo en las madres a las 12 semanas de embarazo



**FIGURA 2.** Distribución de los niveles de plomo en las madres en el momento del parto

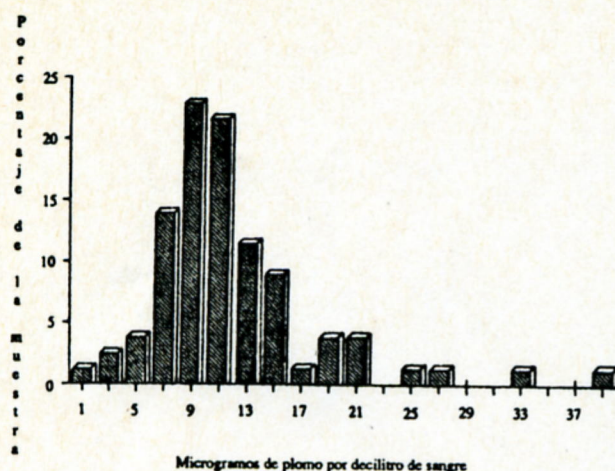


FIGURA 3. Distribución de los niveles de plomo en los bebés a los seis meses de edad

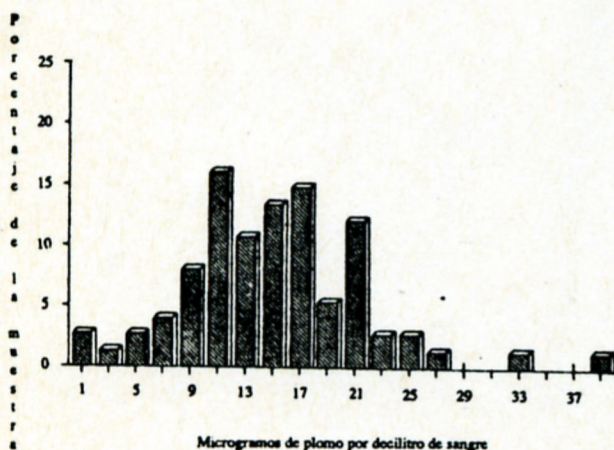


FIGURA 4. Distribución de los niveles de plomo en los bebés a los 12 meses de edad

al momento del parto, y de sus hijos a los seis y 12 meses de vida.

El cuadro II muestra la media, la desviación estándar

y los valores medios de las cuatro distribuciones. Nótese que estas últimas están sesgadas hacia los valores altos y que hay una tendencia al aumento de los valores de plomo al final del embarazo y en los bebés a los 12 meses de vida.

El cuadro III indica las variables que predicen el plomo materno a las 12 semanas y al momento del parto en las pruebas univariadas. El efecto de variables registradas durante el periodo de trabajo de parto se reporta en otro documento. A la fecha existen suficientes datos para construir los modelos estadísticos usando sólo el plomo materno. Los análisis que se presentan más adelante se limitan a examinar predictores del plomo materno durante el embarazo.

El cuadro IV muestra los modelos multivariados construidos para predecir el plomo materno durante la gestación. Las variables se presentan en el orden de entrada al modelo, la primera es aquella que tiene el efecto más potente. El sexo del bebé, el uso de cerámica cocida a baja temperatura y el tiempo transcurrido en automóviles predicen en conjunto el plomo materno en la semana 12 con  $p=.0005$ , explicando el 11.4 por ciento de la varianza. El uso de cerámica cocida a baja temperatura, el número de dependientes económicos en la familia, la frecuencia de consumo de pescado enlatado y el número de abortos previos, predicen conjuntamente el plomo materno al momento de parto del niño con  $p<.0001$ , explicando el 21.5 por ciento de la varianza.

## DISCUSIÓN

Resulta claro que, tanto por el tamaño de la muestra como por los criterios de selección utilizados para excluir pacientes del estudio, estos resultados no son generalizables al total de la población de embarazadas y sus bebés en la Cuenca de México. Las madres y sus niños representan básicamente una muestra sana de esa población. Así, estos resultados sólo podrían describir a una población de madres con características similares, tales como edad de procreación óptima, sin complicaciones serias durante el embarazo ni al momento del parto y con el cuidado prenatal superior al promedio que proporciona una institución de tercer nivel como lo es el INPER; y podrían generalizarse a bebés libres de complicaciones que pudieran amenazar su vida y que tienen edad gestacional y peso dentro de límites normales.

Con anterioridad, se ha reportado la asociación entre los niveles elevados de plomo y el crecimiento de los niños,<sup>12</sup> por la cual dos factores parecen conjugarse para

**CUADRO II**  
Estadística descriptiva de la muestra de madres y sus bebés

|                                       | Media<br>( $\mu\text{g/dl}$ ) | Mediana          | Desviación<br>estándar | n   |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-----|
| Plomo materno 12 semanas              | 9.0                           | 8.0 <sup>a</sup> | 6.0                    | 244 |
| Plomo materno en el momento del parto | 8.5                           | 7.0              | 6.2                    | 123 |
| Plomo en el bebé de seis meses        | 12.0                          | 10.5             | 6.1                    | 79  |
| Plomo en el bebé de 12 meses          | 15.3                          | 15.5             | 6.6                    | 75  |

**CUADRO III**  
Predictores individuales del plomo materno en la semana 12 de embarazo

|                                                 | Estadística            | n   | p     | Media ( $\mu\text{g/dl}$ )         |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----|-------|------------------------------------|
| Uso de ollas de barro                           | F= 4.969               | 132 | .0275 | Usuarios: 10.2<br>No usuarios: 8.1 |
| Sexo del bebé                                   | F= 5.223               | 181 | .0235 | Hombre: 7.7<br>Mujer: 9.6          |
| Frecuencia de la ingestión de carne             | r= -.1360 <sup>a</sup> | 193 | .0596 |                                    |
| Frecuencia de consumo de refrescos embotellados | r= -.1383 <sup>a</sup> | 191 | .0566 |                                    |
| Tiempo en el automóvil                          | r= -.1945 <sup>b</sup> | 131 | .0260 |                                    |

Predictores individuales del plomo materno  
en el momento del parto

|                                           | Estadística            | n   | p     | Media ( $\mu\text{g/dl}$ )         |
|-------------------------------------------|------------------------|-----|-------|------------------------------------|
| Uso de ollas de barro                     | F= 7.695               | 93  | .0067 | Usuarios: 10.9<br>No usuarios: 7.2 |
| Frecuencia de consumo de pescado enlatado | r= -.3188 <sup>a</sup> | 93  | .0022 |                                    |
| Número de dependientes                    | r= -.2056 <sup>a</sup> | 112 | .0279 |                                    |
| Número de abortos                         | r= -.1605 <sup>b</sup> | 109 | .0955 |                                    |

(a) Correlación de Spearman

(b) Correlación de Pearson

**CUADRO IV**  
Modelo de regresión múltiple escalonada que predice el plomo materno en la semana 12 de embarazo

|                                                                                                 | Coefficiente            | % de la<br>varianza | t         | p          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|------------|
| 1. Sexo                                                                                         | 2.857                   | 6.1                 | 3.045     | .003       |
| 2. Uso de ollas de barro                                                                        | 1.980                   | 3.3                 | 2.093     | .038       |
| 3. Tiempo en el automóvil                                                                       | -0.937                  | 2.0                 | 1.937     | .055       |
| Modelo: $r = 0.337$                                                                             | % de la varianza = 11.4 |                     | F = 6.136 | df = 3,121 |
|                                                                                                 |                         |                     |           | p = .0005  |
| Modelo de regresión múltiple escalonada<br>que predice el plomo materno en el momento del parto |                         |                     |           |            |
|                                                                                                 | Coefficiente            | % de la<br>varianza | t         | p          |
| 1. Uso de ollas de barro                                                                        | 3.380                   | 8.4                 | 2.579     | .012       |
| 2. Número de dependientes                                                                       | -3.253                  | 6.2                 | 2.700     | .008       |
| 3. Consumo de pescado enlatado                                                                  | -2.128                  | 3.4                 | 2.116     | .037       |
| 4. Número de abortos                                                                            | -1.494                  | 2.4                 | 1.918     | .058       |
| Modelo: $r = 0.452$                                                                             | % de la varianza = 20.4 |                     | F = 6.727 | df = 4,85  |
|                                                                                                 |                         |                     |           | p = .0001  |

producir esta tendencia. Entre las edades de 12 y 24 meses, el estómago e intestinos del niño muestran una mayor eficiencia para absorber el plomo,<sup>13</sup> y esto se refleja en la sangre y otros tejidos; además, los hábitos de conducta del niño en esa edad favorecen un mayor contacto con sustancias que contienen plomo, como polvo, mugre del piso, pintura de paredes, juguetes y otras superficies; a menudo se lleva las manos a la boca, aumentando así la posibilidad de ingerirlo.<sup>14</sup> Se espera que el valor promedio de plomo alcance un pico entre los 12 y 24 meses y que posteriormente disminuya de manera gradual.

La observación principal que se reporta aquí, desde el punto de vista de la salud pública, es el efecto del uso de cerámica cocida a baja temperatura en la exposición materna al plomo durante el embarazo. En la semana 12 de gestación ocupa un segundo lugar en cuanto a importancia y al momento del parto es el factor más importante para predecir los niveles de plomo de todas las variables

medidas. La figura 5 muestra el efecto del uso de cerámica cocida a baja temperatura en el embarazo, en el recién nacido y en el bebé de seis meses de edad. Las usuarias de este tipo de cerámica tienen niveles de plomo significativamente más altos a lo largo de su embarazo que las no usuarias. El efecto se extiende a su hijo cuando menos hasta los seis meses de edad; a los 12 meses el efecto no es tan relevante. En algunos periodos del embarazo, la diferencia en plomo entre las usuarias y las no usuarias llega al 50 por ciento.

El plomo de la cerámica cocida a baja temperatura se deriva de dos fuentes principales: uso de greda de plomo en la preparación del barniz e introducción directa del plomo al barro. El elemento de plomo se funde a los 327°C y vaporiza a los 1 620°C. Cualquier cerámica que contenga plomo y que sea cocida a una temperatura que se encuentre entre estos dos puntos retendrá prácticamente todo el plomo que se utiliza para su manufactura. El

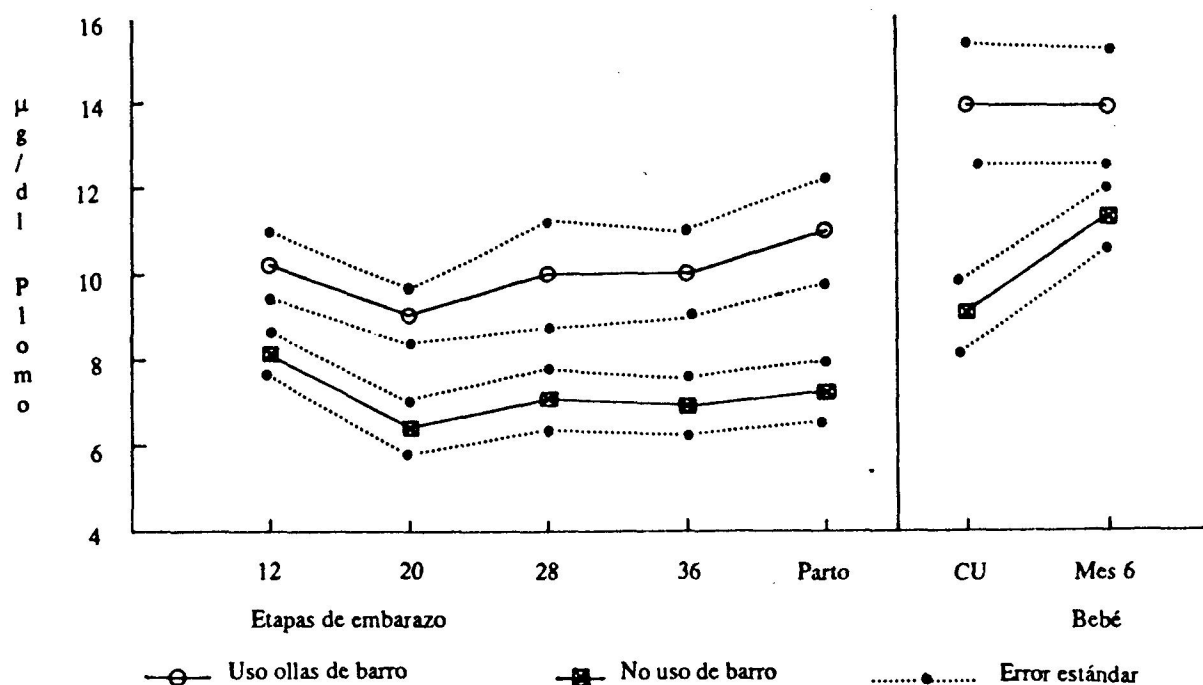


FIGURA 5. Diferencia en los niveles de plomo según uso de ollas de barro

plomo de la cerámica terminada puede liberarse en forma gradual en la comida o bebida y el grado de contaminación dependerá de la concentración de plomo en la vasija, la temperatura a la que ésta es sometida, la duración del contacto y la acidez de la comida o bebida.

Desde hace varios siglos se sabe que la cerámica con plomo puede ser una fuente de envenenamiento. En México, el doctor Gustavo Ruiz Sandoval publicó hace más de un siglo sus descubrimientos e hizo una descripción del síndrome clásico de envenenamiento por plomo en sus pacientes. Identificó a la cerámica negra de Oaxaca como la fuente y exhortó a las autoridades para que se tomaran medidas oficiales con el fin de reducir el uso de plomo en la cerámica, como una medida de regulación sanitaria.<sup>15</sup> La inferencia de que el uso de cerámica cocida a baja temperatura contribuye en gran medida a la carga de plomo en el organismo de nuestra muestra, se ve reforzada por las mediciones recientes de plomo en cerámica mexicana; se encuentran valores tan altos como

3 620 µg/dl en la elución\*.<sup>16,17</sup> El estudio de Lara-Flores<sup>3</sup> también señala al uso de barro vidriado horneado a baja temperatura como una fuente significativa de plomo en su muestra.

Los resultados del presente estudio revelan una asociación entre el sexo del feto y los niveles maternos de plomo, la cual hasta ahora no se había reportado en la literatura. Es sorprendente encontrar una interacción entre el sexo del feto y el plomo materno, esto es, que las madres de niños tuvieran niveles de plomo más bajos que las madres de niñas, en una etapa tan temprana como lo es la semana 12 de embarazo, alrededor de la cual la gona-

\* Trotter, RT. II. The Cultural Parameters of Lead Poisoning. National Institute of Environmental Health Science Conference, January 1989, Research Triangle Park, North Carolina, USA.

dotropina coriónica humana comienza a estimular la producción fetal testicular de andrógenos.<sup>18</sup> La posible asociación entre la circulación de hormonas fetales sexuales masculinas y la absorción de plomo requiere de más investigación.

La asociación entre el incremento en el tiempo de transporte en automóvil y la disminución en los niveles maternos de plomo en la semana 12 de embarazo es contraria a la que esperábamos. Ninguna otra variable de transporte se vio relacionada significativamente al plomo de la doceava semana. Debido a la sospecha de que este incremento en el uso de automóvil se vinculaba al nivel socioeconómico, se reconstruyó el modelo de la semana 12, se utilizó adicionalmente la variable ingreso. Aun cuando no había una relación entre el ingreso y el plomo en la semana 12 de nuestra muestra, la entrada forzada del ingreso al modelo redujo la significancia del efecto del tiempo de transportación en automóvil hasta uno insignificante, sin cambiar el efecto de las otras variables. Aunque esto no indica necesariamente un efecto oculto del ingreso sobre el plomo, sugiere la existencia de un factor desconocido en relación con el ingreso, que pueda explicar la existencia de este curioso efecto. No obstante, el tiempo de automóvil es el menos importante de los tres predictores del plomo materno en la semana 12 y explica solamente el dos por ciento de la varianza.

La variable número de dependientes del jefe de familia, predijo los niveles maternos de plomo al momento del parto: entre más grande es la familia, menores son los niveles de plomo. El aumento en la frecuencia de consumo de pescado enlatado se vio también asociado a una disminución del plomo, aun cuando el consumo total de pescado no se relacionó, ni la frecuencia de consumo de otros alimentos enlatados. Es importante señalar que en la mayor parte de los pescados enlatados se utilizan métodos libres de plomo en el sellado de las latas. Es también posible que la frecuencia en el consumo de atún o sardinas, las principales especies de pescados enlatados, pueda ser el factor primordial que controla estos resultados.

Es difícil explicar la asociación estadística negativa entre el número previo de abortos y el nivel sanguíneo de plomo al momento del parto. El nivel de plomo es elevado en los tejidos y huesos de los fetos abortados.<sup>19,20</sup> Si ello representa una extracción en el plomo almacenado en los huesos de la madre, los abortos frecuentes podrían disminuir la carga materna total de plomo, dejando menos plomo disponible que pudiera afectar los embarazos subsecuentes.

Los modelos construidos para explicar el plomo materno durante el embarazo aclaran menos del 25 por ciento de la varianza total de las medidas de plomo en estos datos. Aun cuando el nivel del poder explicativo es bastante bueno, en especial considerando la amplitud restringida de las variables predictivas examinadas, deja más del 75 por ciento de la varianza sin explicación. Una variable importante que no se ha considerado en estos modelos es la contribución del plomo en el aire. Los datos existentes sobre la concentración de plomo en el aire en la Ciudad de México no están del todo completos para incluir esta variable en los modelos. Sin embargo, podemos examinar la relación entre las variaciones estacionales de las concentraciones de plomo atmosférico y las variaciones estacionales del plomo en la sangre de los sujetos de nuestra muestra.

La figura 6 revela las concentraciones de plomo en el aire, se midieron cada mes durante 1987. Los datos fueron computados promediando a aquéllos que reportó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) para todas las estaciones de la red todos los días del mes\*. Es importante indicar que para algunos meses no hubo datos

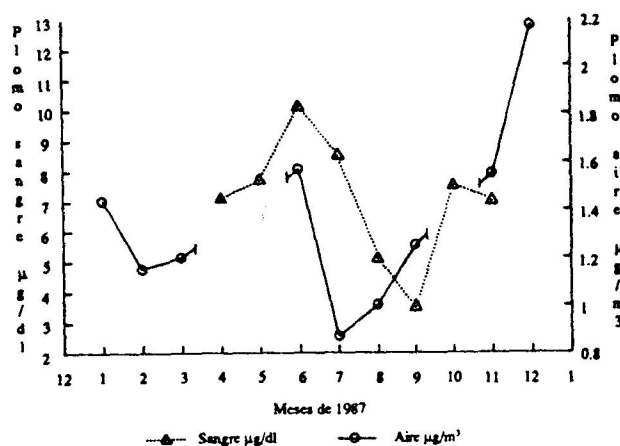


FIGURA 6. Concentraciones de plomo en el aire y en la sangre, 1987

\* SEDUE. *op. cit.*

disponibles. La otra línea de la misma figura traza la media mensual de las concentraciones de plomo de la semana 12 de embarazo de mujeres que participaron en el estudio durante los meses en que fueron reclutadas cuando menos siete de ellas al mes.

Se dieron dos periodos de concentraciones pico de los niveles de plomo atmosférico en ese año. El primero correspondió al final de la estación seca en junio. Durante esta época esperamos que la mayor parte del plomo del aire sea transportada por las partículas suspendidas. Durante toda la estación seca gran parte del plomo del aire cae al piso y las concentraciones máximas de plomo en partículas son llevadas hacia arriba por el viento antes de que se inicie la estación de lluvias. En julio, la caída marcada en los niveles de plomo atmosférico se produjo por una combinación de lavado del plomo del aire por la lluvia, con la reducción de partículas transportadas. El segundo periodo de concentración pico correspondió a la época de inversiones térmicas máximas, en los meses de diciembre y enero. Aun cuando el total de partículas suspendidas no se encontró en los niveles más altos en este periodo, la concentración de todos los contaminantes, incluso el plomo, se vio aumentada.

La relación entre el plomo atmosférico y el plomo materno en la semana 12 de nuestros sujetos de la muestra sigue la dinámica conocida de distribución y excreción de plomo. El plomo de una exposición única aparece en los tejidos suaves en un plazo de 24 a 48 horas. La vida media del plomo es de 30 a 45 días en los tejidos suaves después de una exposición. De este modo, si el plomo en el aire aumenta durante la estación seca, el plomo de nuestros sujetos aumenta gradualmente. Después de la caída marcada del plomo en el aire al inicio de la estación de lluvias, toma de uno a dos meses para que las reducciones en las mediciones sean notorias en los sujetos. Conforme el plomo atmosférico empieza a aumentar durante el otoño, el plomo de los sujetos también aumenta. Si esta fluctuación estacional del plomo en la sangre se debe al plomo atmosférico, el límite inferior de las mediciones de la exposición al plomo de nuestra muestra (septiembre 3.5 µg/dl) puede representar el residuo que ocasionan las fuentes no estacionales, algunas de las cuales se representan en los modelos descritos con anterioridad.

#### CONCLUSIONES

Los datos con los que se cuenta a la fecha sugieren una tendencia aparente a la disminución en los niveles de

plomo sanguíneos de las embarazadas y de los niveles atmosféricos durante los últimos 10 años, lo que permite suponer que el programa del gobierno para reducir el plomo en la gasolina está dando frutos. Sin embargo, no pueden derivarse conclusiones inequívocas al respecto, ya que los datos fueron obtenidos en estudios que reclutaron muestras pequeñas y que usaron metodologías diferentes. No obstante, la exposición al plomo de esta parte crítica de la población presenta todavía niveles que nos permiten pensar que una parte importante de las madres y niños estudiados van a sufrir efectos en su salud.

En este trabajo se identifica a la cerámica cocida a baja temperatura como una fuente importante de plomo tanto para las madres como para los niños.

Abatir los niveles de plomo atmosférico es una forma efectiva pero costosa para reducir la carga de plomo de los organismos. Sin embargo, un programa que aminore tanto el uso como la disponibilidad de cerámica con plomo puede proporcionar una recompensa atractiva para una inversión modesta, al disminuir los niveles de plomo de la población.

Un programa de educación en salud, haciendo uso de las ventajas inherentes a los medios masivos de comunicación y las escuelas, puede informar sobre los peligros de usar este material para cocinar, almacenar, servir alimentos y bebidas, y sugerir algunas otras alternativas viables. A su vez puede instituirse un firme programa de regulación de salud pública que llegue a los productores para prevenir la manufactura y distribución de cerámica que no satisfaga los estándares. Este programa regulatorio se complementaría con otro que promueva nuevas técnicas de manufactura y materia prima alternativas.

El control más efectivo sería prevenir la manufactura, distribución y venta de las fritas que se utilizan para vidriar la cerámica destinada al uso casero. Puesto que el uso de greta de plomo proporciona un acabado durable a bajos costos para el fabricante, podría subsidiarse un material sustituto adecuado para que su precio sea igual o menor al de las fritas de plomo.

Un programa así disminuiría los niveles de plomo en la población de México de una manera efectiva en términos de su costo. La recuperación de la inversión obtenida en los ahorros económicos, sociales y médicos excedería el costo de implementación del programa.

#### AGRADECIMIENTOS

La preparación de este manuscrito fue parcialmente fi-

nanciada por la Secretaría de Salud (México), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México), la Fundación Friedrich Ebert (República Federal Alemana, doctor Töns H. Hilker, Director de Investigación y Asesoría Económica y Social). Agradecemos la contribución profesional de: licenciado Roberto Apodaca Ramírez y Patricia Estévez González; doctor Julio Fernández Alba,

Leticia Mercado Torres, doctora Lourdes Moreno, Reyna Sonia Ochoa Rodríguez, doctor Eduardo Ortigosa; Adriana Salazar Lule, Angeles Salcedo Arroyo; doctores Vicente Salinas y Juan Carlos Ugartechea Hernández; ingeniero Donald Wallace, doctor Francisco Zea y técnico laboratorista Germán Villa Juárez.

## REFERENCIAS

1. Rothenberg SJ, Schnaas-Arrieta L, Pérez-Guerrero IA, Fernández-Alba J, Karchmer S. Evaluación del riesgo potencial de la exposición perinatal al plomo en el Valle de México. *Perinatología y Reproducción Humana*. 1989;3:(1)48-61.
2. Friberg L, Vahter M. Assessment of exposure to lead and cadmium through biological monitoring: results of a UNEP-WHO global study. *Environ Res* 1983;30:95-128.
3. Lara-Flores E, Alagón-Cano J, Bobadilla JL, Hernández-Prado B, Ciscomani-Begoña A. Factores asociados a los niveles de plomo en sangre en residentes de la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 1989;31:(5)625-633.
4. Montoya-Cabrera MA, Maldonado-Torres L, Landazuri-Laris P, Montes-Allende F, Escobar-Márquez R, Margain-Compean JC. Determinaciones de plomo en la sangre del cordón umbilical de neonatos normales. *Arch Invest Med Mex* 1981;12:457-462.
5. Ernhart CB, Wolf AW, Kennard MJ, Erhard P, Filipovich HF, Sokol RJ. Intrauterine exposure to low levels of lead: status of the neonate. *Arch Environ Health* 1986;41:287-291.
6. Bellinger DC, Needleman HL, Leviton A, Waternaux C, Rabinowitz MB, Nichols ML. Early sensory-motor development and prenatal exposure to lead. *Neurobehav Toxicol Teratol*, 1984;6:387-402.
7. Bellinger D, Leviton A, Waternaux C, Allred E. Methodological issues in modelling the relationship between low-level lead exposure and infant development: Examples from the Boston Lead Study. *Environ Res* 1985;38:119-129.
8. Bellinger D, Leviton A, Needleman HL, Waternaux C, Rabinowitz M. Low-level lead exposure and infant development in the first year. *Neurobehav Toxicol Teratol* 1986;8:151-161.
9. Bellinger D, Leviton A, Waternaux C, Needleman H, Rabinowitz MB. Longitudinal analysis of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development. *The New Eng J Med* 1987;316:1037-1043.
10. Dietrich KN, Krafft KM, Bier M, Succop PA, Berger O, Bornschein RL. Early effects of fetal lead exposure: neurobehavioral findings at six months. *Int J Biosoc Res* 1986;8:151-168.
11. Vimpani GV, Wigg NR, Robertson EF, McMichael AJ, Baghurst PA, Roberts RJ. The port pirie cohort study: blood lead concentration and childhood developmental assessment. In: Durham NC, ed: *Lead Environmental Health: the current issues*. May. Duke University Medical Center, 1985.
12. Bornschein RL, Hammond PB, Dietrich KN, Succop P, Krafft K, Clark S, Berger O, Pearson D, Que Hee S. The Cincinnati prospective study of low-level lead exposure and its effects on child development: protocol and status report. *Environ res*, 1985;38:4-18.
13. Environmental Protection Agency: air quality criteria for lead. Research triangle park, North Carolina, USA. EPA, 1984;4.
14. Bellinger D, Leviton A, Rabinowitz M, Needleman H, Waternaux C. Correlates of low-level lead exposure in urban children at two years of age. *Pediatrics*, June 1986;77:826-833.
15. Ruiz-Sandoval G. Envenenamiento lento por plomo en los habitantes de Oaxaca. *Gac Med Mex* 1978;13(21):393-403.
16. Raciti KA, Haloukas G, Curran AS, Morrissey R, Friedman

- B, Parsons P, Morse DL. Lead poisoning following ingestion of homemade beverage stored in ceramic jug. New York. Morbidity and Mortality Weekly Report 1989;38(21):379-380.
17. Wallace DM, Kalman DA, Bird TD. Hazardous lead release from glazed dinnerware: a cautionary note. The Science of the Total Environment 1985;44:289-292.
  18. Tulchinsky D, Kenneth JR. Maternal fetal endocrinology. Philadelphia: Saunders, 1980.
  19. Mayer-Popken O, Denkhaus W, Konietzko H. Lead content of fetal tissues after maternal intoxication. Archives of Toxicology 1986;58:203-204.
  20. Bryce-Smith D, Deshpand RR, Hughes I, Waldron HA. Lead and cadmium levels in stillbirth. Lancet 1977; 1159.