

# FACTORES RELACIONADOS CON EL NIVEL DE PLOMO EN SANGRE EN NIÑOS DE 6 A 30 MESES DE EDAD EN EL ESTUDIO PROSPECTIVO DE PLOMO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

---

STEPHEN J. ROTHENBERG, PH. D.,<sup>(1)</sup> LOURDES SCHNAAS-ARRIETA, M. PSIC.,<sup>(2)</sup>  
IRVING A. PÉREZ-GUERRERO, LIC. PSIC.,<sup>(2)</sup> REYNA HERNÁNDEZ-CERVANTES, LIC. ENF.<sup>(2)</sup>  
SANDRA MARTÍNEZ-MEDINA, LIC. PSIC.,<sup>(2)</sup> ESTELA PERRONI-HERNÁNDEZ, LIC. PSIC.<sup>(2)</sup>

---

Rothenberg JS, Schnaas-Arrieta L, Pérez-Guerrero IA, Hernández-Cervantes R, Martínez-Medina S, Perroni-Hernández E. Factores relacionados con el nivel de plomo en sangre en niños de 6 a 30 meses de edad en el Estudio Prospectivo de Plomo en la Ciudad de México. *Salud Publica Mex* 1993;35:592-598.

## RESUMEN

La mayoría de la muestra de los niños ( $n = 160$  a  $121$ , edades: 6 a 30 meses) del Estudio Prospectivo de Plomo en la Ciudad de México, rebasa el nivel más bajo de acción ( $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) de los estándares establecidos para el efecto por el Centro de Control de Enfermedades (Atlanta, GA, EUA). Más de la tercera parte de la muestra de los niños de 18 y 24 meses, supera el nivel de acción ( $15 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) para una intervención terapéutica. La dieta tiene un papel importante en la regulación de los niveles de plomo en la infancia temprana. La leche fresca y la materna están asociadas con los niveles más bajos de plomo, pero un amamantamiento prolongado se relaciona con los niveles elevados del metal pesado. Un ingreso económico bajo y una educación materna pobre están vinculados con un nivel de plomo más alto. El consumo de leche y jugos enlatados

Rothenberg JS, Schnaas-Arrieta L, Pérez-Guerrero IA, Hernández-Cervantes R, Martínez-Medina S, Perroni-Hernández E. Determinants of blood lead levels among children 6 to 30 months old. A prospective study in Mexico City. *Salud Publica Mex* 1993;35:592-598.

## ABSTRACT

A majority of the sample of children ( $N = 160-121$ , ages 6-30 months) from the Mexico City Prospective Lead Study exceeds the lowest limit action level ( $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) of the Centers for Disease Control standards for childhood lead exposure. Over one-third of the sample at 18 months and 24 months exceeds the action level ( $15 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) for aggressive intervention. Diet plays an important role in regulating early childhood blood lead levels. Fresh milk and breast feeding are associated with lower lead levels, but extended breast feeding is related to elevated lead levels. Low income and poor maternal education are associated with higher lead concentration in children. Child consumption of canned milk and juice, up to this date, is associated with elevated child lead levels. Canned products sealed with lead are disappearing from Mexican markets. Efforts to improve childhood

---

(1) Instituto Nacional de Perinatología, México, y State Developmental Research Institutes, EUA.

(2) Instituto Nacional de Perinatología, México.

Fecha de recibido: 19 de marzo de 1993      Fecha de aprobado: 1 de junio de 1993

*por parte de los niños está asociado con niveles elevados de exposición al plomo. Los productos enlatados sellados con plomo tienden a desaparecer del mercado nacional. Los esfuerzos por mejorar la nutrición infantil y las condiciones de vida, pueden beneficiar adicionalmente a los niños de México al bajar sus niveles de plomo.*

*Palabras clave.* plomo, efectos, amamantamiento, niños, México

*nutrition and poverty may be expected to have the additional benefit of lowering lead levels of Mexican children.*

*Key words:* lead, effects, nursing, children, Mexico

Solicitud de sobretiros Dr. Stephen Rothenberg, Departamento de Neurobiología, Instituto Nacional de Perinatología, Montes Urales Sur 800, Lomas Virreyes, 11000 México, D F.

ENTRE LOS MÉDICOS e investigadores no existe duda de que el plomo tiene efectos tóxicos en los seres humanos. Aunque el debate continúa sobre cuánto plomo puede tolerarse sin que sufra daño el patrón de crecimiento y desarrollo,<sup>1-3</sup> existe un consenso general de que los niños son más sensibles que los adultos a los efectos del plomo.<sup>4</sup> Como resultado de los descubrimientos en los estudios prospectivos en infantes y niños durante la última década,<sup>5-7</sup> muchos países están revisando sus estándares para definir los niveles de exposición aceptables para niños.

El Centro de Control de Enfermedades (CDC) en Atlanta, Georgia, EUA, publicó recientemente los nuevos estándares para los niveles de plomo en sangre (PbS),<sup>8</sup> los cuales establecen 10 µg/dl como el límite superior seguro. Entre 10 y 15 µg/dl PbS se requiere vigilancia y, junto con los padres, buscar las probables fuentes de exposición para tomar las medidas apropiadas. Arriba de 15 µg/dl, el CDC recomienda una terapéutica intervención.

Aunque no se ha realizado todavía un estudio epidemiológico para determinar los niveles de PbS en la población mexicana, datos publicados por varios grupos indican los niveles promedio de plomo en la Ciudad de México.<sup>9,10</sup>

Con base en el interés generado por los hallazgos recientes de daño debido a una exposición a bajos niveles de Pb en niños, se utilizaron los datos del Estudio Prospectivo de Plomo en la Ciudad de México para identificar los factores que influyen en los niveles de PbS de infantes y niños de 6, 18 y 30 meses de edad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### MUESTRA

La muestra se integró con las mujeres que se presentaron para atención prenatal en el Instituto Nacional de Perinatología (INPER), con alrededor de 12 semanas de embarazo y que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión del estudio, que requería de mujeres cuyo embarazo fuera saludable (que no usaran drogas, que no tuvieran la presión alta ni tratada con medicamentos, sin psicosis, sin rubéola ni toxoplasmosis durante el embarazo, sin diabetes gestacional o preeclampsia y tener entre 15 y 42 años de edad); a las seleccionadas se les invitó a participar y se recabó su consentimiento de acuerdo con las normas éticas del INPER. Se realizó un corte adicional, al nacer los bebés, en aquellos que tuvieron una edad gestacional corta (<36 semanas), bajo peso (<2 000 g), puntaje APGAR bajo al minuto (<6) y con anomalías congénitas mayores.

Se realizó seguimiento de los niños que nacieron de las mujeres reclutadas para el Estudio Prospectivo de Plomo, mediante entrevistas a los padres, pruebas psicométricas y determinaciones de plomo en sangre cada seis meses a partir del nacimiento. Además se recabó información del expediente clínico hospitalario, particularmente de las visitas de control prenatal y del alumbramiento, determinaciones del PbS materno durante el embarazo y el parto, y del plomo sanguíneo del cordón umbilical.

La media de edad materna al momento de la concepción fue de 26.9 años, desviación estándar (DE)= 5.9,

rango= 15-42. La mediana de partos previos a término fue de 1 con rango de 0 a 5. El 84.8 por ciento de las mujeres eran casadas, el resto vivía en unión libre o solas. La mediana del nivel socioeconómico fue bajo superior, con un rango de bajo-inferior a alto-medio. Todas residían en el área metropolitana al momento de formar parte del estudio. La media del peso de los bebés al nacer fue de 3 175g, DE= 422, rango= 2 000-4 550 gramos. La media de la edad gestacional de acuerdo al método de Capurro fue de 39.9 semanas, DE= 1.3, rango 36-42 semanas. Los datos disponibles son de entre 160 y 121 niños, dependiendo de la edad estudiada. Se continúan recopilando datos para cada edad y el total de éstos todavía no se tiene.

#### DETERMINACIÓN DE PLOMO EN SANGRE

Menos del 20 por ciento de las muestras de sangre a los 6 meses fueron capilares, el resto fueron venosas. A los 12 meses, menos del 8 por ciento fueron capilares. Pruebas ciego de muestras duplicadas capilares y venosas recolectadas en el INPER indican que las capilares son en promedio 1.6 µg/dl más elevadas que las venosas. En este informe no se hizo el intento de corregir los datos en cuanto a la técnica de muestreo.

Las muestras sanguíneas fueron almacenadas en Vacutainers tapa lavanda Becton-Dickenson con EDTA, o Unopettes B-D con EDTA, y enviadas para su análisis a los Environmental Sciences Associates Laboratories (ESALABS, Inc), Bedford, Massachusetts, que es uno de los laboratorios de referencia del Programa de Eficiencia en Pruebas de Plomo del CDC y participa también en el Programa de Control del Departamento del Estado de Nueva York.

Todas las muestras contenidas en Vacutainers se analizaron por duplicado mediante el método de voltiamperimetría de separación anódica. Las muestras con valores duplicados promedio inferiores a 5 µg/dl fueron reanalizadas, también en duplicado, con espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Los valores promedio de los análisis duplicados son los informados en este trabajo.

#### ANÁLISIS DE DATOS Y TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Las variables de control asociadas con el plomo en sangre fueron probadas con ANOVA simple para variables nominales, la correlación de rangos de Spearman se empleó para las variables ordinales y la correlación de

Pearson para las intervalares. Todas las asociaciones con plomo a  $p < 0.10$  fueron retenidas para su posible incorporación en los subsecuentes análisis de regresión múltiple escalonada progresiva.

Las variables que fueron retenidas para su incorporación fueron las socioeconómicas, datos nutricionales postnatales (medidos por una escala ordinal de 5 puntos que valora la frecuencia de los principales grupos de alimentos consumidos la semana anterior), de embarazo y parto, de lactancia y de enfermedades de la infancia.

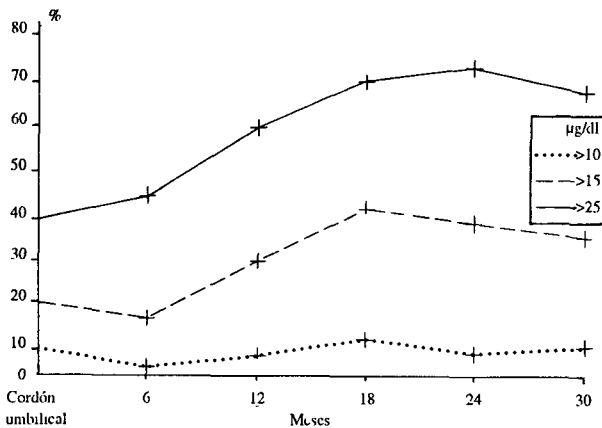
Las variables control y las inductoras de confusión para cada nivel postnatal de plomo en sangre fueron usadas en los modelos de regresión seccionada, con incorporación progresiva de variables y con eliminación retrógrada de las variables cuya significancia se redujo por debajo de  $p < 0.10$  al incorporar en el modelo las otras variables.

Todos los análisis estadísticos se efectuaron con Statgraphics Plus, Versión 5.2.

## RESULTADOS

La figura 1 muestra los percentiles de la muestra (que exceden los diversos niveles de acción establecidos por el CDC) para cada edad desde el nacimiento hasta los 30 meses. La proporción de la muestra que excede cada uno de los niveles de acción, generalmente se incrementa a partir del parto hasta los 18 o 24 meses, edad en la que comienza a declinar lentamente. Casi el 70 por ciento de la muestra excede el nivel de 10 µg/dl a los 24 meses de edad, mientras que a los 18 meses el 38 por ciento rebasa los 15 µg/dl y el 8 por ciento supera el 25 µg/dl.

En todos los modelos se usaron transformaciones logarítmicas naturales de las concentraciones de plomo, para corregir en la muestra la distribución de los valores de plomo. Los resultados de 6, 18 y 36 meses se presentan en cuadros de regresión múltiple y en gráficas de pastel y barra. Los cuadros contienen las variables significativas asociadas con plomo, sus coeficientes, errores estándar, valores-t y niveles de significancia. Las gráficas indican la proporción de la varianza explicada por cada variable al incorporarse en la regresión múltiple y el tamaño del efecto (medido en microgramos de plomo por decilitro de sangre en el rango total de la variable independiente representada en el conjunto de datos. Esto último se obtiene al convertir los coeficientes a su antilogaritmo y multiplicarlos por el rango de la variable independiente.



**FIGURA 1.** Porcentaje de la muestra que excede los niveles aceptables de plomo en sangre, desde el nacimiento hasta los 30 meses de edad

El cuadro I muestra los modelos de regresión múltiple. Los modelos explican entre el 12 y 25 por ciento de la varianza de las concentraciones de plomo sanguíneo en el niño. Las variables significativas que explican la varianza de plomo a diversas edades pueden dividirse en tres grupos: factores dietéticos (tales como patrones de lactancia y fuentes nutricionales), factores intrínsecos (aquéllos relacionados con el niño, tales como edad gestacional y variables del parto) y factores socioeconómicos (ingreso familiar y nivel educativo, entre otros).

Los alimentos enlatados, tales como la leche (a los 6 y 30 meses) están asociados con el aumento del nivel de plomo infantil, de donde se puede explicar el 4 por ciento de la varianza de Pb y un incremento de hasta 5.9 µg/dl de PbS en todo el rango de consumo. La ingestión de refrescos está relacionado con el aumento del PbS a los 6 meses. El tomar leche entera está vinculado con la disminución de PbS a los 30 meses, esto explica el 4 por ciento de la varianza y el decremento de hasta 8 µg/dl en el nivel de plomo (figuras 2, 3 y 4).

La duración de la lactancia está asociada con un incremento del Pb a los 18 y 24 meses. Esta variable explica el 9 por ciento de la varianza en plomo y el aumento de hasta 12 µg/dl de PbS. El efecto en la regresión múltiple es particularmente pronunciado para la lactancia de más de 9 y 12 meses (figura 3). La leche materna sola está relacionada con un decremento de PbS

a los 18 meses, mientras que la combinación de leches (leche materna más leche de fórmula) está vinculada con un incremento del PbS a los 30 meses.

El aumento en la edad gestacional está asociado con un incremento de PbS a los 6 meses, y el parto con fórceps está asociado con un decremento a los 12 meses.

## DISCUSIÓN

Es importante señalar que ninguna medición ambiental del plomo se realizó en este estudio, y aun así el 25 por ciento de la varianza del PbS infantil puede ser explicada. Muchas de las variables incluidas en los modelos eran de esperarse, otras tienen una explicación razonable y algunas resultaron totalmente inesperadas.

Durante el periodo de recopilación de datos, abril de 1988 a diciembre de 1992, era notable la distribución de jugos y leches en latas soldadas con plomo. La asociación entre los niveles elevados de plomo y el consumo de estos alimentos enlatados es esperada y representa un riesgo significativo para la nutrición infantil.

En este sentido, un objetivo que se desprende de esta investigación es realizar un seguimiento a estos niños conforme las latas selladas con plomo desaparecen del mercado nacional, para comprobar si las asociaciones entre plomo y uso de estos alimentos disminuye con el tiempo.

La asociación entre una ingesta adecuada de calcio y la disminución de la absorción de plomo que ya se ha señalado anteriormente,<sup>11-13</sup> puede explicar las asociaciones entre un PbS infantil reducido y un incremento en el consumo de leche en los modelos.

De todas las variables dietéticas que se incorporaron de una manera significativa a los modelos, la más sorprendente es la vinculación entre la historia de lactancia y el plomo. Mientras que la leche materna sola está asociada con un decremento global del PbS infantil, el amamantamiento prolongado muestra una relación altamente significativa y cuantitativamente grande con una cantidad elevada de plomo. Las concentraciones de plomo óseo generalmente aumentan durante la vida de la persona, ya que la vida media del plomo en los huesos se mide en años.<sup>14</sup> Una alimentación prolongada con leche materna puede inducir una movilización del plomo almacenado en los huesos, especialmente en mujeres nutridas de manera marginal, y puede transferirse al lactante a través de la leche materna. Esta situación debe examinarse cuidadosamente con estudios independientes, de-

**CUADRO I**  
Modelo para logaritmo natural de plomo en sangre (µg/dl)

Variable Independiente	Coefficiente	Error estándar	Valor t	Nivel de significancia
<b>6 meses*</b>				
Constante	-1 177331	1 298576	-0 9066	0.3660
Edad gestacional	0 081408	0 032204	2 5279	0 0125
Ingreso	-0 070835	0 031595	-2.2419	0 0264
Refresco	0 085703	0 03083	2 7798	0 0061
Leche enlatada	0 054236	0 022714	2 3877	0 0182
<b>18 meses**</b>				
Constante	2 994979	0 191879	15 6087	0 0000
Edad de la madre	-0 019722	0 006787	-2 9056	0 0043
Duración del amamantamiento	0 041764	0 007888	5 2948	0 0000
Parto por fórceps	-0.363096	0 103884	-3 4952	0 0006
Amamantamiento solo	-0 210079	0 083678	-2 5106	0 0132
<b>30 meses***</b>				
Constante	3 662987	0 302117	12 1244	0 0000
Ingreso	-0 134991	0 034739	-3.8859	0 0002
Leche	-0 101995	0 045564	-2 2385	0 0271
Huevo	-0 081411	0 037525	-2 1695	0 0321
Leche enlatada	0 05943	0 023696	2 5081	0 0136
Género (masculino)	-0 175748	0 08645	-2 0329	0 0444
Leche materna y de fórmula	0 466829	0 203792	2 2907	0 0238
Leche de fórmula sola	0 251318	0 09551	2 6313	0 0097

\* R-SQ (ADJ)= 0 1176 SE= 0.507694 MAE= 0 386622 160 observaciones ajustadas  
 \*\* R-SQ (ADJ)= 0 2238 SE= 0 454744 MAE= 0 359118 143 observaciones ajustadas  
 \*\*\* R-SQ (ADJ) = 0 2555 SE= 0 461043 MAE= 0 328954 121 observaciones ajustadas

bido a las implicaciones importantes de salud pública a las que alude. El equilibrio entre el valor nutricional de la leche materna y los efectos dañinos del plomo, necesitan ser mejor cuantificados en casos de lactancias que duren más de un año.

Los factores intrínsecos tales como edad gestacional y parto con fórceps se asocian a un desarrollo acelerado y retardado, respectivamente. En el primer caso, al explorar de una manera más activa su ambiente a los 6 meses de edad, el niño entrará más rápidamente en contacto con el plomo ambiental. Por el contrario, un niño con un desarrollo menos avanzado debido al daño inducido por un parto distócico, puede tener menos contacto

con plomo ambiental. La influencia que el contacto con plomo puede tener en el desarrollo, ha sido observada con anterioridad.<sup>15-16</sup>

Finalmente, cabe resaltar la relación encontrada con frecuencia entre pobreza y plomo en los niños. En este estudio, aquéllos provenientes de hogares más pobres o de madres jóvenes o menos educadas, tienen niveles de plomo más elevados que los niños de hogares con las características opuestas. Esto indica que los programas de desarrollo social y de educación pública tendrán un impacto positivo adicional sobre la exposición infantil al metal pesado.

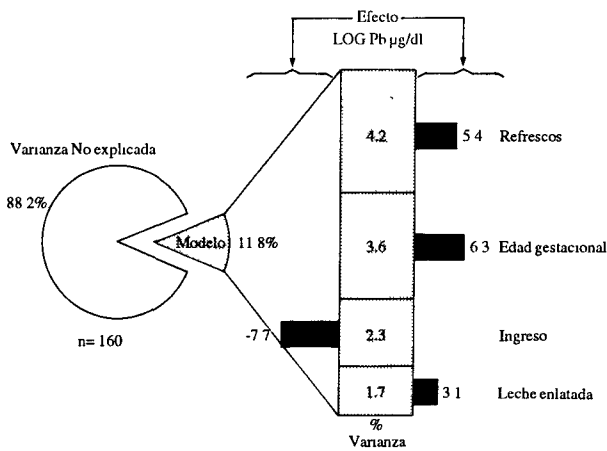


FIGURA 2. LOG plomo 6 meses

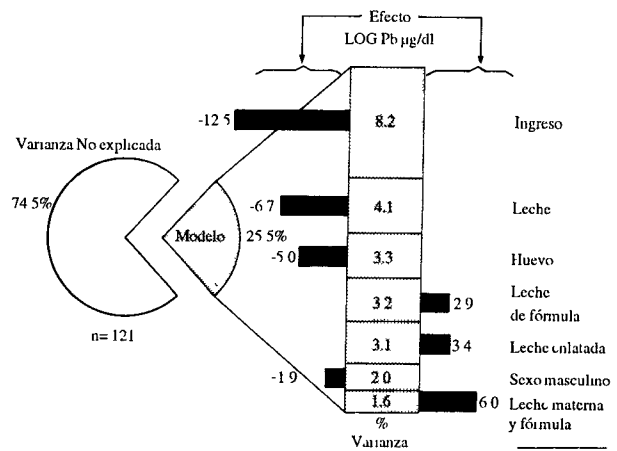


FIGURA 4. LOG plomo 30 meses

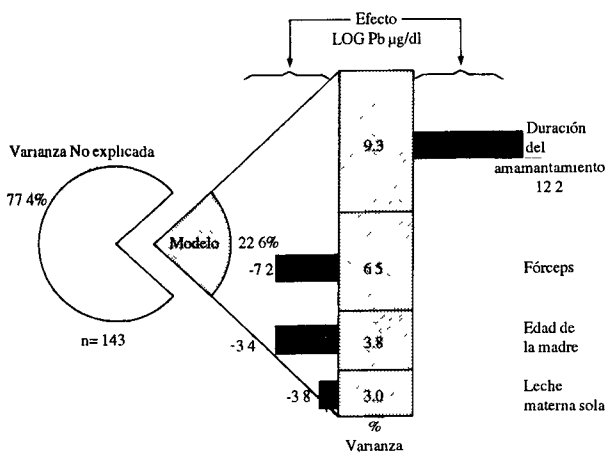


FIGURA 3. LOG plomo 18 meses

CONCLUSIONES

El propósito de este estudio no fue obtener una muestra representativa de los niños nacidos en el Valle de México y sus niveles de plomo. Al contrario, tanto la gestación como el alumbramiento de los niños de los que se obtuvieron los datos para esta investigación, fueron cuidadosamente seleccionados con el criterio de estar libres de problemas que se sabe afectan el desarrollo infantil.

En este sentido, el objetivo original del estudio, determinar los efectos detallados del plomo en el crecimiento y desarrollo infantil, impide trabajar con una muestra representativa grande de todos los embarazos y nacimientos de el área de estudio. Este tipo de investigación, aún faltante, permitirá mejorar las estimaciones tanto de la extensión de la exposición infantil al plomo como de las medidas más efectivas para reducirla. Sin embargo, los datos de éste y otros estudios publicados, presentan un panorama de niveles elevados de plomo en la infancia temprana y concurren en las fuentes más importantes.

Como investigadores interesados en la salud pública, debemos partir de la pregunta: ¿qué proporción de las diversas muestras ya estudiadas debe exceder ciertos límites establecidos para clasificar como epidémica la exposición infantil al plomo en México?

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Secretaría de Salud, el Consejo Asesor en Epidemiología, General Motors-México, Pepsi Co. México.

Agradecemos los esfuerzos incansables del doctor Samuel Karchmer, Director General del Instituto Nacional de Perinatología, así como a los doctores Velvl Shor Pinsker, Julio Fernández Alba, Carlos Quesnel, Vicente Salinas, Francisco Zea Prado; a los médicos residentes de

obstetricia y neonatología, y al Técnico Laboratorista Germán Villa Juárez.

Reconocemos la ayuda y contribuciones profesionales de las psicólogas Consuelo Gómez Ruiz, Carmen Hernández, Silvia Ayala Bocanegra, Leticia Mercado

Torres, Aurora Muñoz Jiménez; y de la Maestra en Educación Especial Adelaida Pérez Noriega.

Un cálido y especial agradecimiento a los padres y niños que han compartido su valioso tiempo con nosotros para ayudarnos a recolectar los datos del estudio.

---

## REFERENCIAS

---

1. Greene T, Ernhart CB Prenatal and preschool age lead exposure: Relationship with size Neurotoxicology and Teratology 1991,13(4):417-427.
2. Ernhart CB, Morrow-Tlucak M, Wolf AW, Super D, Drotar D Low level lead exposure in the prenatal and early preschool periods Intelligence prior to school entry Neurotoxicology and Teratology 1989,11(2) 161-170.
3. Ernhart CB, Morrow-Tlucak M, Marler MR, Wolf AW Low level lead exposure and early preschool periods Early preschool development Neurotoxicology and Teratology 1987,9(3):259-270
4. Environmental Protection Agency Air quality criteria for lead Research Triangle Park, NC, USA EPA, 1986; vol IV EPA-600/8-83/028df
5. Baghurst PA, Mc Michael AJ, Wigg NR, Vimpani GV, Robertson EF, Roberts RJ *et al* Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years. The Port Pirie Cohort Study N Engl J Med 1992;327 1279-1284
6. Shukla R, Dietrich KN, Bornschein RL, Berger O, Hammond PB Lead exposure and growth in the early preschool child A follow-up report from the Cincinnati Lead Study Pediatrics 1991,88:886-892
7. Bellinger D, Leviton A, Wateraux C, Needleman H, Rabinowitz M Low-level lead exposure, social class, and infant development. Neurotoxicology and Teratology 1988,10(6) 497-503
8. U.S. Centers for Disease Control Strategic plan for the elimination of childhood lead poisoning Atlanta, Georgia, U S Centers for Disease Control, 1991.
9. Rothenberg SJ, Pérez-Guerrero IA, Perroni-Hernández E, Schnaas-Arrieta L, Cansino-Ortiz S, Suro-Cárcamo D *et al* Fuentes de plomo en las mujeres embarazadas de la Cuenca de México Salud Publica Mex 1990,32: 632-643
10. Hernandez-Avila M, Romieu I, Rios C, Rivero A, Palazuelos E. Lead-glazed ceramics as major determinants of blood lead levels in mexican women Environ Health Perspect 1991,94:117-20
11. Purdie DW, Aaron JE, Selby PL. Bone histology and mineral homeostasis in human pregnancy. Br J Obstet Gynaecol 1989,95:849-854.
12. Morris C, McCarron DA, Bennett WM. Low-level lead exposure, blood pressure, and calcium metabolism Am J Kidney Dis 1990,XV(6).568-574.
13. Kostial K, Dekanic D, Telisman S, Blanusa M, Duvancic S, Prpic-Majic D *et al* Dietary calcium and blood lead levels in women Biol Trace Elements Res 1991;28: 181-185
14. Rabinowitz MB Toxicokinetics of bone lead. Environ Health Perspect 1991,91 33-37.
15. Dietrich KN, Kraftt KM, Bornschein RL, Hammond PB, Berger O, Succop PA *et al* Low-level fetal lead exposure effect on neurobehavioral development in early infancy Pediatrics 1987,80:721-730
16. Ernhart B, Morrow-Tlucak M The caretaking environment and the exposure of children to lead En Thornton I, Culbard E Lead in the home environment Northwood Sciences Reviews Ltd, 1987:197-205.