

FACTORES ASOCIADOS A LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN RESIDENTES DE LA CIUDAD DE MÉXICO

ELVIA LARA-FLORES, M.C., M.S.P.,⁽¹⁾

JAVIER ALAGÓN-CANO, PH. D.,⁽²⁾

JOSÉ LUIS BOBADILLA, M.C., PH. D.,⁽¹⁾

BERNARDO HERNÁNDEZ-PRADO,⁽¹⁾

ARTALOTTIA CISCOMANI-BEGOÑA⁽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 Pública Mex 1989;31:625-633

RESUMEN:

Se efectuó un estudio exploratorio para identificar los factores de riesgo que se asocian a la exposición al plomo ambiental en una población residente de la ciudad de México, no expuesta ocupacionalmente. Se midieron los niveles de plomo en sangre a trescientos trabajadores del área administrativa del Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), por medio de espectrofotometría de absorción atómica y se les aplicó un cuestionario con las principales variables que potencialmente modifican la exposición al plomo. El análisis estadístico se efectuó a través de análisis de varianza, regresión múltiple y regresión logística. Los resultados mostraron efectos significativos en relación al sexo, zona de residencia, horas utilizadas en transporte, consumo cotidiano de chiles enlatados y uso de utensilios de barro vidriado.

Palabras clave: plomo, niveles sanguíneos, México

Lara-Flores E, Alagón-Cano J, Bobadilla JL,
Hernández-Prado B, Ciscomani-Begoña A.
Risk factors for high levels of lead in the blood
of Mexico City inhabitants.
Salud Pública Mex 1989;31:625-633

ABSTRACT:

A study aimed at detecting risk factors for high blood lead levels in Mexico City inhabitants, undertaken at the local National Institute of Public Health, is described. Measurements of blood lead levels for a sample of 300 civil servants were related to several potential risk factors. The statistical analysis was based on analysis of variance and logistic regression. The results of the analysis seem to suggest differences in blood levels by sex, zone of residence, hours of transportation and eating habits, such as the consumption of canned meals and the use of "earthenware dishes" in the preparation of meals. The nature of the study is exploratory, but it seems to suggest directions of research in the complex problem of lead levels in people of polluted cities.

Key words: lead, blood levels, Mexico

Solicitud de sobretiros: Dra. Elvia Lara Flores, Francisco de P. Miranda 177-5º piso, Unidad Plateros, 01480 México, D.F., México.

(1) Centro de Investigaciones en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública, México.

(2) Departamento de Análisis Cuantitativo, Instituto Nacional de Salud Pública, México.

(3) Instituto Tecnológico Autónomo de México.

Fecha de recibido: 7 de junio de 1989 Fecha de aprobado: 5 de julio de 1989

LA CONTAMINACIÓN DE la atmósfera con altos índices de plomo afecta a millones de personas en grandes ciudades industriales en todo el mundo.

La exposición al plomo que afecta la salud tiene su origen en la industria y los vehículos automotores.¹ Se ha estimado que el 90 por ciento de esta contaminación proviene de la combustión de los hidrocarburos, a los cuales se adiciona el metal para mejorar su combustión. Las partículas de óxido de plomo se expulsan con los gases del escape de los vehículos y permanecen suspendidas en el aire o se depositan en el agua y los alimentos.²

Durante el proceso de industrialización del metal, principalmente en la fundición y refinación, se emiten cantidades importantes de derivados del plomo al ambiente. Además son varias las industrias que lo utilizan como materia prima; las fábricas de acumuladores eléctricos, cables metálicos, pigmentos químicos y derivados alquiflicos del plomo, crean en los sitios en que se ubican problemas locales de contaminación.³

El plomo normalmente no forma parte de los componentes del organismo humano y su presencia en cantidades variables depende del grado de exposición, absorción y excreción.⁴ Sus efectos en la salud han sido ampliamente estudiados en poblaciones expuestas ocupacionalmente, y se ha observado que niveles elevados de plomo se asocian a efectos neurotóxicos, nefrotóxicos, alteraciones hematológicas y en la función reproductiva;⁵ sin embargo, los efectos secundarios a exposición crónica y a dosis bajas se conocen sólo parcialmente.

El Centro para el Control de Enfermedades de los Estados Unidos de Norteamérica (CDC) ha establecido como límite máximo permisible en niños el de 25 ug. de plomo /100 ml de sangre y en adultos de 30 ug. / 100 ml.⁶ Sin embargo, hay información reciente acerca de efectos adversos a la salud con niveles de plomo inferiores a esta cifra.⁷

En la población general la principal vía de acceso del plomo es a través de la ingesta de alimentos. De cada 100 ug de plomo que ingresan al organismo por vía oral, se absorben de 6 a 18;⁸ la cantidad de plomo que ingresa al organismo por medio del agua es variable, dependiendo de la solubilidad de las sales. El plomo atmosférico oscila entre 1 y 1.5 ug por metro cúbico de aire, del cual se inhala y absorbe aproximadamente 1 a 2 ug/100 ml de sangre.⁹

Se considera a la medición de los niveles de plomo

en sangre el indicador más adecuado de exposición reciente y su efecto acumulativo se puede medir en huesos, uñas y pelo.¹⁰ Los estudios para medir los niveles de plomo en sangre de los habitantes de la ciudad de México han sido escasos,¹¹⁻¹² por lo que no se cuenta más que con información parcial de la población. Sin embargo, en el estudio realizado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1982, con el objeto de determinar los niveles de plomo en sangre de maestros de primaria residentes en diez ciudades, se encontró que los niveles más elevados correspondieron a los maestros que viven en la ciudad de México.^{13,14}

El objetivo principal de este estudio fue medir los niveles de plomo en sangre en un grupo de individuos con características homogéneas y medir la importancia relativa de algunos hábitos personales y factores ambientales que contribuyen a modificar estos niveles. El estudio proporciona información de base para conocer la exposición al plomo ambiental de un grupo de residentes de la ciudad de México, poniendo énfasis en el efecto de algunos factores asociados a hábitos personales como el tabaquismo, el consumo de enlatados, la utilización del barro vidriado en la preparación y consumo de alimentos, además de algunas variables que se relacionan con la exposición atmosférica, como la zona de la ciudad donde residen, la zona donde trabajan, las horas que utilizan en transporte y el ejercicio al aire libre.

MATERIAL Y METODOS

De 2 708 derechohabientes del Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) que asistieron durante el primer semestre de 1986 a la Clínica de Detección y Diagnóstico Automatizado de dicho instituto, se tomó una muestra probabilística de trescientos individuos por medio de un muestreo bietápico por conglomerados. Es decir que del total de individuos que concurren por día, seleccionado al azar durante los meses de enero a junio de 1986, se tomó una muestra aleatoria sin reemplazo de 10 individuos por día, tanto de hombres como de mujeres, dado que asistieron en días diferentes, hasta obtener trescientos individuos, cantidad que se determinó en función de los recursos.

Los criterios de inclusión al estudio contemplaron que los individuos seleccionados tuvieran al menos un

año de residencia en la ciudad de México, edad entre 25 a 45 años y actividades laborales de tipo administrativo en oficinas cerradas.

Se utilizó un modelo teórico en el que se consideró como variable dependiente a los niveles de plomo en sangre, como variables independientes a los factores asociados a una mayor exposición al plomo, y como variables de control fisiológico se consideraron el sexo, la hemoglobina¹⁰ y la edad¹⁵ (cuadro I).

Tanto las variables independientes como las de control se capturaron a través de un cuestionario y fueron las siguientes: hábito tabáquico, debido a que antiguamente las plantaciones de tabaco se fumigaban con arseniato de plomo, el cual no se elimina con facilidad de las tierras de cultivo;¹⁶ el uso cotidiano de utensilios de barro vidriado, debido a que el material que se utiliza para el vidriado contiene una elevada cantidad de plomo,¹⁷ y el consumo de enlatados, que es una fuente de exposición al plomo, dado que es frecuente que en las tapas y juntas de las latas se utilice el metal como soldadura.¹⁸

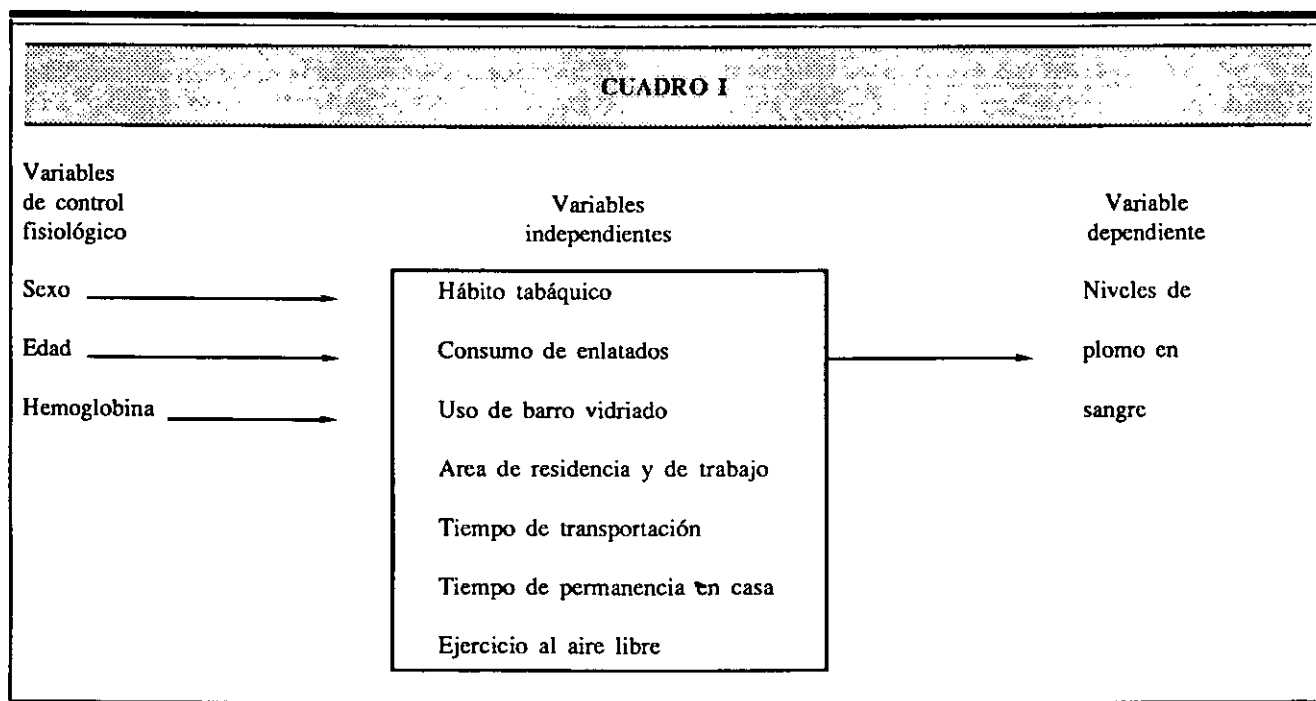
La zona de residencia en la ciudad se tomó en cuenta como variable de exposición atmosférica;²⁰ se

ha descrito que las personas que viven en zonas urbanas tienen un riesgo mayor de exposición al plomo que las que habitan en áreas suburbanas o rurales.³ Además, en la ciudad de México existen diversas concentraciones de plomo atmosférico en las diferentes zonas metropolitanas, de acuerdo a la información del monitoreo ambiental de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Páramo, VH. Comunicación personal). También se interrogó acerca del tiempo de permanencia en casa, en el trabajo y en transporte, además del ejercicio al aire libre.

Las determinaciones de plomo en sangre se efectuaron mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se utilizó el aparato modelo 703 de Perkin Elmer, con horno de grafito 400, automuestreador y registrador modelo 56. El método que se utilizó fue el de Stoepler modificado por Lind.²¹

Se estableció un control de calidad interno, que consistió en intercalar, entre cada 20 muestras, dos estándares de sangre de bovino proporcionados por el Instituto Karolinska de Suecia. Se obtuvo una reproducibilidad en el análisis del 95 al 100 por ciento. Se hizo un control externo por cada 20 individuos.

CUADRO I

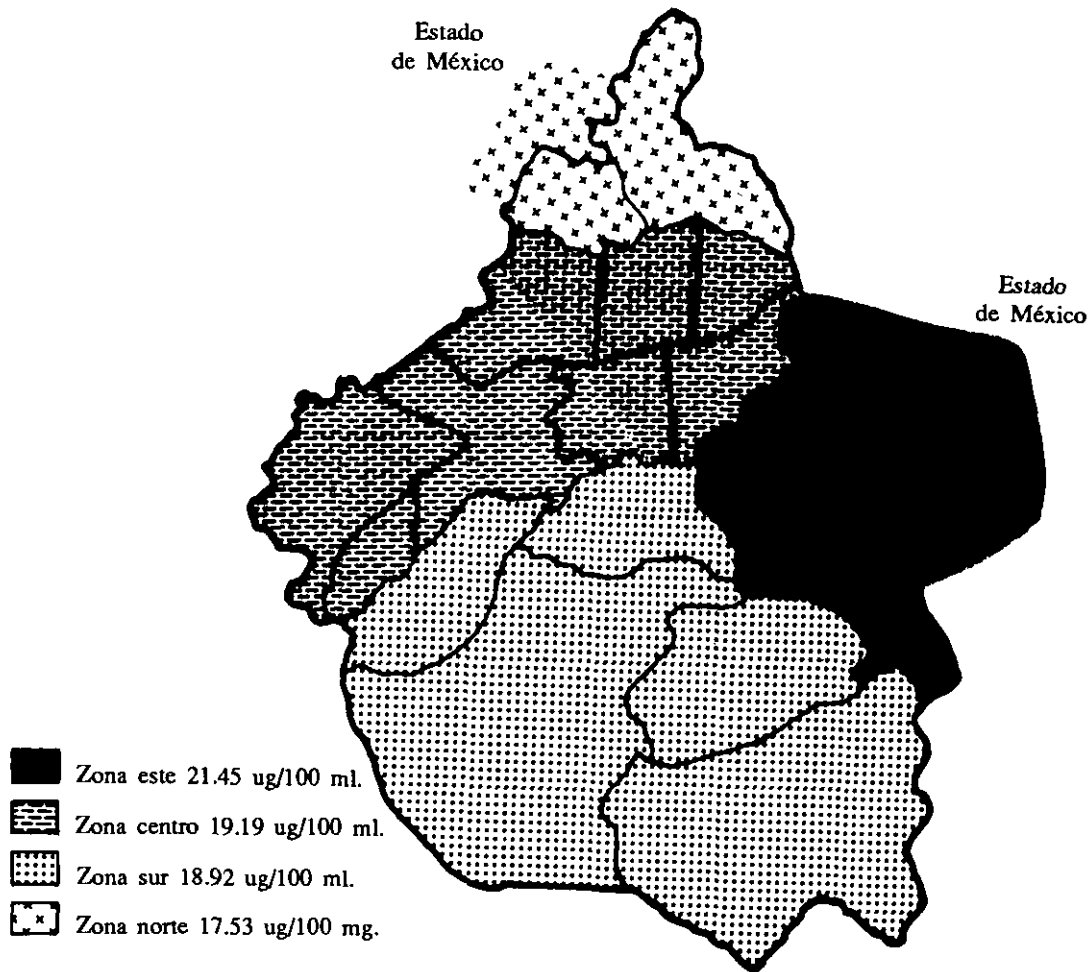


Para el análisis estadístico, en primer término se efectuó una ponderación de la muestra, dado que no se incluyeron todos los individuos que concurren por día.

Para determinar el efecto de la zona de la ciudad donde residen y trabajan los individuos, se hizo un análisis multivariado llamado de *clusters* o agrupamientos. Se identificaron cuatro zonas en relación a las cifras promedio de plomo en sangre de sus habitantes, en las siguientes localidades: una zona ubicada hacia el Norte, una zona Central, una al Oriente y otra en el Sur (figura 1). Para el análisis bivariado se utilizó la comparación de medias a través de un análisis de

varianza. El nivel de significancia aceptado para todas las pruebas fue de $p > 0.10$. El análisis multivariado se efectuó con las variables de control descritas en el modelo; con las que resultaron estadísticamente significativas y en las que se probó su independencia, se efectuó un análisis de regresión múltiple.

Para efectuar la interpretación de riesgos asociados a niveles de plomo "bajo" y "alto" se elaboró un modelo de regresión logística, tomando como punto de corte 25 ug de plomo por 100 ml de sangre. Se utilizó el paquete estadístico *BMDP*, ajustando primero modelos log-lineales para después obtener sus correspondientes modelos logito.



Fuente: Estudio de factores asociados a los niveles de plomo en sangre en residentes de la ciudad de México. 1989. CISP-22.

FIGURA 1. Niveles de plomo en sangre en residentes de la ciudad de México según zona de residencia

RESULTADOS

En el análisis bivariado hubo una fuerte asociación entre el sexo y la hemoglobina, motivo por el cual se decidió utilizar únicamente la primera variable; también hubo asociación entre la zona donde viven y trabajan las personas, por lo que para el análisis se utilizó solamente la zona de residencia. Se encontró asociación positiva entre niveles de hemoglobina y el plomo en sangre.

En el grupo estudiado no se encontraron efectos de la edad, posiblemente porque en la muestra no se incluyeron personas con edades extremas. Tampoco hubo asociación con el hábito tabáquico ni con el ejercicio al aire libre.

La media de plomo para el total del grupo fue de 19.5 ug/100 ml de sangre, con una desviación estándar

ambos sexos. Se encontró asimismo interacción entre el consumo de chiles enlatados y el sexo.

Las variables que resultaron con diferencias estadísticamente significativas con respecto a los niveles de plomo para las personas del sexo masculino, fueron el consumo y preparación cotidianas de alimentos en barro vidriado y la ingesta de chiles enlatados. El promedio de plomo para los hombres que utilizan barro vidriado fue de 23.5±7, y para los que no lo utilizan fue de 21.5±7 ug/100 ml ($p<0.10$). La media de plomo para los individuos que consumen cotidianamente chiles enlatados fue de 23.7±7 y para los que no tienen este hábito fue de 21.2±7 ug/100 ml ($p<0.04$).

Para el grupo de mujeres las variables que resultaron significativas fueron las horas que utilizan en transporte y la zona de residencia. Las mujeres que viajan durante más de 3 horas al día tienen en promedio 18.8± ug/

CUADRO II
Niveles de plomo en sangre en residentes
de la ciudad de México

Sexo	Número de individuos	Media	Desviación estándar	%>25 ug/100 ml de sangre
Femenino	158	16.6*	7	10.7
Masculino	141	22.6*	6	32.4
Total	299	19.5	7	21.0

* $P<0.001$

de 7. El promedio para el grupo de 142 hombres fue de 22.6± ug/100 ml de sangre y para el grupo de 158 mujeres fue de 17.13± ug/100 ml ($p<0.001$). El 32 por ciento de los hombres tuvieron niveles de plomo superiores a 25 ug/100 ml, y únicamente el 10.7 por ciento de las mujeres (cuadro II).

En el análisis multivariado controlando por sexo, se identificó un comportamiento diferente de las variables independientes respecto a esta variable de control, por lo que se decidió efectuar un análisis separado para

100 ml, mientras que las que utilizan menos de este tiempo tienen 16.2± ug/100 ml ($p<0.03$). En relación a la zona donde viven, los promedios de plomo en sangre para las mujeres fueron los siguientes: las que habitan en la zona Oriente de la ciudad tuvieron en promedio 19.4±9 ug/100 ml, las de la zona Sur tuvieron 18.9±6, las que viven en la zona Centro 15.7±4 y las de la zona Norte 14.7±4 ($p<0.002$).

El análisis de regresión múltiple con las variables que resultaron significativas en el análisis multivariado,

explicó el 22 por ciento de la variación total del plomo para esta población (cuadro III).

El análisis de regresión logística se efectuó por separado para ambos sexos. Para las mujeres el modelo logístico más adecuado fue el que incluye zona de

con respecto a la categoría de menor riesgo de niveles de plomo, considerada como la categoría de referencia y los momios basales para hombres y mujeres, los cuales son independientes de los valores de las otras variables.

CUADRO III
Análisis de regresión múltiple para el modelo propuesto

Variable	Variables en la ecuación		
	B	T	Sig T
Interacción de chile y sexo masculino	-1.15	-3.12	0.001
Tiempo de transporte	1.88	2.15	0.032
Uso de barro vidriado	1.99	2.68	0.007
Zona de residencia	-0.92	-2.86	0.004
Sexo	-3.49	-3.82	0.000
Consumo de chiles enlatados	1.99	3.27	0.001
Constante	17.94	9.87	0.000
R cuadrada	0.22		
R cuadrada ajustada	0.20		
Error estándar	6.47		
Análisis de varianza			
	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Regresión	6	3 446.39	574.40
Residual	293	12 252.78	41.82
F= 13.73		Signif F= 0.0	

residencia y horas de transporte como variables independientes. En cambio para los hombres el modelo de mejor ajuste incluyó las variables de consumo de chiles enlatados y uso de barro vidriado en la preparación de alimentos.

El cuadro IV muestra los momios relativos (cocientes de la probabilidad de tener alto nivel de plomo a la probabilidad de tenerlo bajo) para los diferentes niveles de las variables incluidas en los modelos logísticos. Se presentan también las razones de momios

Se observó que las mujeres que residen en la zona Oriente tienen una probabilidad cuatro veces más alta de plomo alto que la probabilidad de tenerlo bajo. Nótese que estos momios fueron ajustados por el efecto de la variable transporte y son de naturaleza relativa, lo cual significa que no incluyen el efecto del momio basal. Los momios absolutos se obtienen multiplicando los momios relativos para los distintos niveles de las variables por el momio basal.

Las razones de momios con respecto a la categoría

CUADRO IV

Resultados del modelo logístico para mujeres.
Efectos de las zonas de residencia y horas
de transporte

	Momios relativos	Razones de momios relativas a la categoría de referencia
Efecto general	0.11*
Zona de residencia		
Oriente	4.01*	15.63
Sur	2.11	8.22
Centro	0.46	1.79
Norte	0.26	1.0
Transporte		
0 a 2 horas	0.54	1.0
Más de 3 horas	1.85**	3.44

*Valores significativos al nivel 0.01
**Valores significativos al nivel 0.05

de referencia mostraron que las mujeres que viven en el Oriente tienen un riesgo 15.63 veces mayor de tener niveles de plomo alto que las mujeres que viven en el Norte, controlando por el efecto de transporte; en forma similar, las mujeres que utilizan transporte más de tres horas diarias tienen un riesgo 3.4 veces mayor de tener niveles de plomo alto que las mujeres que utilizan menos de tres horas, controlando por el efecto de zona de residencia. Los efectos ajustados por ambas variables se muestran en el cuadro V.

En el cuadro VI se encuentran los momios relativos y las razones de momios para los hombres. Puede observarse que el momio basal para los hombres es de 0.42, casi cuatro veces mayor que el de las mujeres. Asimismo, puede notarse que los hombres que consumen chiles enlatados tienen un riesgo 2.2 veces

CUADRO V

Momios obtenidos del modelo logístico para mujeres.
Efectos ajustados de zona de residencia
y horas de transporte

Horas de transporte	Menos de 3 horas	Más de 3 horas
Zona de residencia		
Oriente	2.2	7.4
Sur	1.1	3.9
Centro	0.3	0.9
Norte	0.1	0.5

mayor de tener niveles de plomo alto que los hombres que no los consumen, controlando por el efecto del uso de barro vidriado. Una conclusión similar se deriva para esta última variable. El efecto del modelo ajustado para ambas variables se muestra en el cuadro VII y corresponde a 2.2 para la categoría de mayor riesgo.

DISCUSION

Los resultados del promedio de plomo en sangre en los individuos del estudio fueron similares a los que se han obtenido en estudios previos realizados en la ciudad de México con la misma técnica de laboratorio. En ellos, los promedios de plomo para la población general se reportaron en un intervalo de entre 19 y 22 ug de plomo por 100 ml de sangre.^{13,14}

La variable que mostró mayor efecto sobre los niveles de plomo en sangre fue el sexo. Los hombres tienen concentraciones más elevadas de plomo que las mujeres. Esta diferencia se ha atribuido a los diferentes niveles de hemoglobina que hay en ambos sexos. Se menciona también el mayor consumo de alimentos por los individuos del sexo masculino en función de su volumen de masa corporal.

Hasta el momento no se ha podido definir con exactitud cuánto del plomo en sangre procede de las diferentes vías de acceso al organismo; sin embargo, se calcula que la exposición atmosférica contribuye con el 20 ± 10 por ciento del total del plomo. El porcentaje

CUADRO VI Resultados del modelo logístico para hombres. Efectos de barro vidriado y chiles enlatados		
	Momios relativos	Razones de momios relativas a la categoría de referencia
Efecto general	0.43**
Barro vidriado		
No	0.67	1
Sí	1.5**	2.27
Consumo de chiles enlatados		
No	0.67	1
Sí	1.5**	2.27

**Valores significativos al nivel 0.05

de la varianza que se obtuvo en este estudio es congruente con estos hallazgos, aun cuando se incluyeron algunas variables relacionadas con la ingesta (barro vidriado y chiles enlatados).

Las variables consideradas como de exposición atmosférica -horas utilizadas en transporte y zona de residencia- tuvieron mayor influencia en el caso de las mujeres, aumentando el riesgo de tener plomo alto.

Las variables relacionadas con la ingesta -consumo de chiles enlatados y barro vidriado- fueron significativas únicamente para los hombres. Los resultados del estudio plantean la hipótesis de que hay un efecto diferente para hombres y mujeres dependiendo de la vía de exposición.

Se ha considerado a los vehículos automotores como la principal fuente de emanaciones de plomo al ambiente en la ciudad de México. Sin embargo, hay que tomar en cuenta otras fuentes de exposición.

Una propuesta que deriva de los resultados del estudio es la de establecer normas que prohíban el uso

CUADRO VII Momios obtenidos del modelo logístico para hombres. Efectos ajustados del consumo de chiles enlatados y uso de barro vidriado		
Consumo de chiles enlatados	Uso de barro vidriado	
	Sí	No
Sí	2.2	1.0
No	1.0	0.4

de plomo como soldadura de latas. Asimismo, se debería regular el tipo de barnizado que se utiliza para el barro vidriado, sobre todo el de fabricación artesanal, ya que amplios grupos de la población lo utilizan. Dado que una de las principales vías de ingreso del plomo al organismo es a través de los alimentos, es necesario cuantificar la cantidad de metal que éstos contienen. Hasta el momento no hay información suficiente que permita conocer el grado de contaminación de los productos alimenticios.

El presente estudio es exploratorio y únicamente plantea algunas hipótesis que deberán validarse con otro tipo de diseños de investigación. Consideramos que sería importante establecer si los mecanismos fisiológicos de la mujer le permiten tener un efecto protector al plomo alto. Es posible que el efecto de las variables de exposición atmosférica no fue muy claro, debido a que en esta población la movilidad de los hombres es mayor; el 74 por ciento permanecen durante más de quince horas fuera de su domicilio, y posiblemente los indicadores que se utilizaron en el estudio no permitan mostrar este efecto.

Finalmente, hay diferencias en los niveles de plomo de las personas en relación a las zonas de la ciudad donde habitan, pero dadas las limitaciones del estudio, las conclusiones correspondientes no pueden establecerse en forma definitiva.

 REFERENCIAS

1. Nriagu JO. Global inventory of natural and anthropogenic emission of trace metals to the atmosphere. *Nature* 1979;279:409.
2. Southwood TRW. Lead in the environment. London: Ninth report of the Royal Commission on Environmental Pollution, 1983;184-196.
3. Organización Mundial de la Salud. Contaminación del aire en el medio urbano y rural particularmente por vehículos de motor. Ginebra: OMS, 1969;410:21-41.
4. Chamberlain AC. Prediction of response of blood lead to airborne and dietary lead from volunteer experiments with lead isotopes. *Proc R Soc London* 1985;274:149-182.
5. Griffin TB, Coulston F, Wells H y col. Clinical studies in men continuously exposed to airborne particulate lead. New York: Academic Press, 1975;154-168.
6. The United State Environmental Protection Agency. Review of the National Ambient Air Quality Standards for Lead. Washington, D.C.: Office of Air Quality Planning and Standards, 1986;120-129.
7. Bellinger CD, Herbert L, Needleman A. Early sensory-motor development and prenatal exposure to lead. *Neurohabiorial Toxicology and Teratology* 1984;6:387-402.
8. Barry PSI, Mossman DB. Lead concentrations in human tissues. *Br J Ind Med* 1970;27:339-351.
9. Manton WI. Total contribution of airborne lead to blood lead. *Br J Ind Med* 1985;42:168-172.
10. Heard MJ, Chamberlain AC. Effect of minerals and food on uptake of lead from the gastrointestinal tract in humans. *Human Toxicol* 1982;1:411-415.
11. López-Martínez. Determinación de plomo en sangre en trabajadores no expuestos. *Salud Publica Mex* 1969;2:141-145.
12. Márquez-Mayaoudón, Marín-Rivera. Niveles de plomo en sangre. *Salud Publica Mex* 1969;11:199-201.
13. Vahter M. Assessment of human exposure to Lead and cadmium through biological monitoring. Stockholm: United Nations Environmental Program and World Health Organization, 1982;70-93.
14. Claeys-Thoreau F, Thiessen L, Bruaux P. Assessment and comparison of human exposure to lead between Belgium, Malta, Mexico and Sweden. *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59(1):31-41.
15. Forbes GB, Reina JC. Effect of age on gastrointestinal absorption (Fe, Sr, Pb). *J Nutr* 1972;102:647-653.
16. Mc Laughlin M, Stoops GJ. Smoking and lead. *Arch Environ Health* 1973;26:131-136.
17. Molina-Ballesteros. Exposición al plomo en una población de alfareros. *Arch Invest Med de México* 1980;11:147-155.
18. Vega-Franco. Concentraciones de plomo en jugos de frutas envasadas en recipientes de hojalata. *Bol Med Hosp Infantil* 1971;5:1131-1134.
19. Stoeppler M, Rains TC. Rapid method for the automated determination of lead in whole blood by electrothermal atomic absorption spectrophotometry. *Analyst* 1978;103:714-722.