

Exposición ocupacional a plomo inorgánico en una imprenta de la Ciudad de México*

Guadalupe Aguilar-Madrid, M.C., M. en C.,^(1,2) Gregory M. Piacitelli, M. en C., HIC.,⁽³⁾
 Cuauhtémoc Arturo Juárez-Pérez, M.C.,⁽¹⁾ Juan Humberto Vázquez-Grameix, Lic. Geogr.,⁽¹⁾
 Howard Hu, M.D., Ph. D.,⁽⁴⁾ Mauricio Hernández-Avila, M.C., M. en C., Ph. D.⁽¹⁾

Aguilar-Madrid G, Piacitelli GM,
 Juárez-Pérez CA, Vázquez-Grameix JH,
 Hu H, Hernández-Avila M.
 Exposición ocupacional a plomo inorgánico
 en una imprenta de la Ciudad de México.
 Salud Publica Mex 1999;41:42-54.

Aguilar-Madrid G, Piacitelli GM,
 Juárez-Pérez CA, Vázquez-Grameix JH,
 Hu H, Hernández-Avila M.
 Occupational exposure to inorganic lead
 in a printing plant in Mexico City.
 Salud Publica Mex 1999;41:42-54.

Resumen

Objetivo. Describir las condiciones de exposición ocupacional a plomo y sus indicadores biológicos entre los trabajadores de una imprenta. **Material y métodos.** Se realizó una investigación epidemiológica y en higiene industrial, y se midió el plomo en aire y en manos de los participantes; además, se les tomó muestra de sangre venosa a los sujetos para la determinación de plomo en sangre total por medio de espectrofotometría de absorción atómica, y se les hicieron mediciones de plomo en hueso, con un detector 109 de rayos X-K-fluorescentes. Asimismo, se aplicó un cuestionario estandarizado y se obtuvo información sobre factores demográficos, estilo de vida, historia laboral, puesto de trabajo y actividad dentro de la empresa. **Resultados.** De 209 trabajadores, 117 aceptaron participar y 90 (83.3% de hombres y 16.7% de mujeres) completaron todas las fases del estudio. Las concentraciones promedio de plomo fueron: en aire, de 0.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en manos antes del lavado, de 6 802 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, y en manos después del lavado, de 194 $\mu\text{g}/\text{m}^2$; en sangre total, de 12.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$, y en tibia y rótula, de 25.9 y 43.3 μg Pb/g hueso mineral, respectivamente. Se observaron variaciones importantes en estas mediciones de acuerdo con el puesto de trabajo. **Conclusiones.** Los niveles de plomo en sangre se han utilizado, en el mundo entero, para evaluar exposiciones agudas en el ambiente de trabajo. Los niveles altos de plomo en hueso que se encontraron en

Abstract

Objective. To describe occupational lead exposure and its biological indicators in workers in a printing company. **Material and methods.** An epidemiological and industrial hygiene research was undertaken. Lead was measured in the air of work environment and on the hands of the participants; additionally, subjects underwent a venous blood samples for the determination of whole blood lead by atomic absorption spectrophotometry; and a bone lead measurement using a spot-source ^{109}Cd K-X-ray fluorescence instrument. Also, a standardized questionnaire was applied. We obtained information on demographic and life styles factors, work history, type of work, position and activity within the company. **Results.** Of the 209 workers, 117 agreed to participate and 90 (83.3% males and 16.7% females) completed all phases of the study. The average lead concentrations were: in air samples, of 0.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; in hands before washing, of 6 802 $\mu\text{g}/\text{m}^2$; in hands after washing, of 194 $\mu\text{g}/\text{m}^2$; in whole blood, of 12.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$; and in tibia and fibula, of 25.9 and 43.3 μg Pb/g of bone mineral, respectively. Important variations in these measurements were observed according to the workers post. **Conclusions.** Worldwide, lead exposure levels have been used to evaluate acute exposures being in the workplace. The higher lead levels find in the bone of the workers in this study are similar to other occupational studies in the United States of America

* Este trabajo fue apoyado por el financiamiento No. 5 P42 ES-05947 del National Institute of Environmental Health Sciences, NIH y fondos proporcionados por Environmental Protection Agency.

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

(2) Análisis y Evaluación de Salud en el Trabajo, Instituto Mexicano del Seguro Social, México.

(3) National Institute for Occupational Safety and Health, Center for Disease Control, Cincinnati, OH, Estados Unidos de América (EUA).

(4) Occupational Medicine Harvard School of Public Health, Boston, EUA.

Fecha de recibido: 21 de mayo de 1998 • Fecha de aprobado: 27 de noviembre de 1998

Solicitud de sobretiros: Guadalupe Aguilar Madrid. Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública.
 Av. Universidad 655, colonia Santa María Ahuacatlán, 62508 Cuernavaca, Morelos, México.

los trabajadores de este estudio son similares a los de otros estudios ocupacionales en Estados Unidos de América, y sugieren que el metal acumulado en el hueso puede ser una importante fuente de exposición endógena; de ahí la utilidad de su medición. Sin embargo, por el alto costo de su aplicación, en los países en desarrollo la medición de plomo en hueso está limitada a la investigación epidemiológica y no constituye un instrumento para la vigilancia epidemiológica ocupacional. En México, en el ámbito de la exposición ocupacional al plomo no existen estudios publicados que permitan establecer niveles máximos permisibles tanto ambientales como biológicos. Por medio de este estudio se intenta contribuir al establecimiento de una normatividad de plomo en sangre, que actualmente está en discusión en México.

Palabras clave: exposición ocupacional; plomo; plomo en sangre; plomo en hueso; imprentas de libros; México

and suggest that the accumulated metal in bone may be an important endogenous exposure source, and here its measurement importance. However in developing countries because its high costs per application, the measurements in bone lead become limited to epidemiological research, although not as an instrument for occupational epidemiological surveillance. In Mexico, there are no reliable studies of occupational lead exposure, which would allow the establishment of both, maximum permissible ambient and biological levels. This study is intended to contribute to blood lead standard setting, which is being discussed in Mexico.

Key words: occupational exposure; lead; blood lead; bone lead; book imprints; Mexico

En México, el plomo orgánico y el inorgánico se utilizan en diversos procesos industriales que van desde los muy artesanales (cerámica vidriada), hasta los que implican la utilización de sistemas sumamente tecnificados y automatizados (armadoras de autos).¹ Se calcula que existen alrededor de 1 500 000 trabajadores potencialmente expuestos a ese metal.²

Si bien se desconoce el dato exacto, se sabe que en México no todas las industrias de la rama de impresión y encuadernación han introducido sistemas de tipo computarizado, por lo que la exposición a plomo inorgánico continúa siendo un problema de salud en los sitios de trabajo pertenecientes a dicha rama, la cual expone a cerca de 72 260 trabajadores.²

En muchas imprentas de México se sigue utilizando la linotipia mecánica, también llamada linotipia en caliente, para la elaboración o la reimpresión de libros, que consiste en un proceso de composición tipográfica en el cual los caracteres o tipos son ensamblados manual o mecánicamente, para formar líneas de texto en lingotes, mediante una aleación de plomo inorgánico, estaño y antimonio, que se funde a una temperatura de 300 a 550 °C.³ Durante ese proceso la aleación se volatiliza y se convierte en una fuente constante de exposición a metales. Posteriormente se forman pruebas de galeras y, después de otros procedimientos, se imprime el texto en papel. Esta parte del proceso es manual y mecánica, pero hay un manejo importante de partículas de plomo, las cuales se desprenden de los lingotes. Finalmente, las hojas impresas pasan a corte y encuadernación hasta que el libro queda listo. En estas últimas etapas no hay contacto con las partículas de plomo. Es evidente que los individuos más expuestos al metal son los que trabajan en el proceso

de linotipo mecánico; sin embargo, debido a las malas condiciones de higiene y al manejo inadecuado de los residuos de plomo en esas empresas, es muy probable que todo el personal, independientemente de la actividad que realice, se encuentre en riesgo de exposición al plomo. En México no existen publicaciones que permitan evaluar esa probabilidad, o bien, que describan la exposición al plomo en los procesos de trabajo de dicha rama ocupacional.

En el presente estudio se investigaron las condiciones de trabajo así como la relación que guardan los indicadores de exposición reciente al plomo en sangre total (Pb/S), y de exposición crónica al plomo en hueso, tanto en tibia (Pb/T) como en rótula (Pb/R), con las concentraciones de plomo en el aire y las mediciones de plomo en manos antes y después del lavado, en trabajadores de una imprenta litográfica en la Ciudad de México.

Material y métodos

Entre junio de 1996 y mayo de 1997 se realizó un estudio transversal con 209 trabajadores de una imprenta litográfica de la Ciudad de México, de los cuales 117 (56%) aceptaron participar: de estos últimos, sólo 90 (43%) completaron todas las fases del estudio. Los criterios de inclusión fueron que los sujetos estuvieran laborando en la imprenta durante el periodo en el que se recolectó la información y que dieran su consentimiento voluntario e informado por escrito y de manera individual para participar en el estudio.

La primera etapa del estudio consistió en el monitoreo de plomo ambiental, personal y de manos antes y después del lavado, en cada uno de los partici-

pantes dentro de su sitio de trabajo. La segunda etapa fue la toma de muestras en sangre, la medición de plomo en hueso y la aplicación de un cuestionario; esta última etapa se realizó en el Hospital American British Cowdray (ABC).

La imprenta donde se llevó a cabo la investigación está ubicada, desde 1935, en la Ciudad de México y hasta 1990 todos los libros se hicieron mediante linotipo mecánico. A partir de la década de los noventa la empresa incorporó un sistema de composición tipográfica en frío que requiere exclusivamente del uso de computadoras e impresoras láser, y para la impresión de libros, del proceso de *offset*. Empero, cabe recordar aquí que para una parte considerable de las publicaciones que se producen en la empresa, aún se emplea el proceso de linotipo mecánico.

El uso de tipografía por computadora se ha generalizado en la industria de la impresión y la encuadernación; se trata de una práctica que ha revolucionado los procesos de composición tipográfica anteriores, eliminando al mismo tiempo la exposición a plomo. Como resultado, el linotipo se ha vuelto casi obsoleto, aunque en la imprenta en cuestión se sigue utilizando el proceso de composición por linotipo mecánico, según el tipo de libro que se le solicite, lo cual significa que los trabajadores continúan exponiéndose a plomo inorgánico hasta la fecha.

De un total de 209 trabajadores, 153 (73%) pertenecían al sexo masculino y 56 (27%) al femenino; 135 (65%) participaban en el proceso de producción, ya sea con linotipo mecánico o con tipografía por computadora; 74 (35%) eran empleados administrativos. El proceso de linotipia mecánica cuenta con ocho departamentos que son: Jefatura de Talleres, Linotipo Mecánico, Formación de Cajas, Enrame, Prensa, Encuadernación, Fundición, y Almacén (figura 1). Para la composición tipográfica por computadora existen seis departamentos: Tipografía por Computadora, Formación de Cajas en Frío, Cámara de Negativos, Prensa *Offset*, Encuadernación y Almacén. El personal administrativo está distribuido en cinco departamentos: Corrección de Estilo, Unidad Administrativa, Regencia, Costos, Dibujo y Tipografía.

El proceso de linotipo mecánico inicia cuando los linotipistas teclean el texto en una máquina litográfica, a fin de componer líneas de tipos que pasan a un molde, el cual es alimentado con una aleación de plomo, estaño y antimonio; estos metales permanecen en estado líquido dentro de un crisol. Una vez en el molde, los metales se solidifican de tal modo que se van formando lingotes con letras invertidas. En este puesto la exposición crónica se da por la volatilidad de los metales al fundirse y por la manipulación de los lingotes.

Más tarde, los formadores de cajas esmerilan cada lingote para dar un realzado a las letras y los colocan en galeras de acuerdo con el orden que lleva el texto; en esta tarea la exposición al metal se da por las partículas de plomo generadas al esmerilar y por la manipulación de las galeras. Posteriormente, estas últimas se envían al área de enrame donde los trabajadores las ordenan por número de páginas y las montan en una rama de metal, fijándolas con guías de madera; por último, los prensistas colocan la rama en las planchas de las prensas. En estos dos últimos puestos la exposición al metal se da por la manipulación de las galeras al acomodarlas en la rama y al impregnarlas de tinta en las prensas. De este modo, desde el área de linotipo hasta la de prensa, todas las mesas de trabajo se encuentran contaminadas por partículas de plomo. Una vez impresos, los pliegos de papel pasan al departamento de Encuadernación donde se cortan, compaginan y cosen, y se encuadernan con las portadas.

Los trabajadores fueron reclutados en su centro de trabajo. El monitoreo ambiental de partículas de plomo en aire y las mediciones de plomo en las manos antes y después del lavado se realizaron en condiciones de operación normal. Todos los biomarcadores se midieron en el Centro de Investigación BRIMEX II del Hospital ABC de la Ciudad de México.

Monitoreo ambiental

Plomo en aire

En esta fase del estudio se midieron las concentraciones ponderadas en el tiempo (CPT) de las partículas de plomo inorgánico en el aire, en la zona de respiración de los trabajadores (muestras personales), utilizando los métodos descritos en las normas oficiales mexicanas 010 y 033 de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.^{4,5} Asimismo, se usaron bombas marca SKC de alto flujo; el rotámetro se calibró al inicio del estudio de acuerdo con la altitud de la Ciudad de México (3 000 m.s.n.m.); para ello se utilizó un calibrador primario digital marca Gilian, disponible en el laboratorio de la compañía Análisis Ambiental en el Distrito Federal.

Las bombas se calibraron diariamente con el rotámetro antes de colocarlas a cada empleado y al final de la jornada de trabajo; asimismo, cada dos horas se verificaba que el flujo de cada bomba se mantuviera constante a 2 l/min. Los filtros de captura fueron de éster de celulosa de 37 mm de diámetro, con poro de 8 micras, y estaban montados en una almohadilla de soporte marca SKC e introducidos en un portafiltros

(*cassettes*); posteriormente fueron sellados y etiquetados. Todas las muestras y cinco filtros blanco, esto es, filtros sin usar que son tratados de la misma manera que los filtros muestra, fueron enviados para su análisis por espectrofotometría de absorción atómica al laboratorio del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) en Cincinnati, Estados Unidos de América (EUA), y los resultados fueron notificados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los laboratorios del NIOSH se encuentran certificados con el Programa de Acreditación de Laboratorios de Higiene de la Asociación Americana de Higienistas Industriales (AIHA, por sus siglas en inglés), que a su vez participa en el Programa de Pruebas de Capacidad Analítica (Proficiency Analytical Testing Program).

Plomo en manos

Se tomaron muestras de plomo en las manos de los trabajadores en una sola ocasión y el mismo día en que se realizó el monitoreo ambiental personal, para lo cual se utilizó el Método 9100 (Lead in Surface Wipes) de NIOSH.⁶ Cada trabajador, antes de lavarse las manos para comer, se las limpiaba, incluyendo las palmas, el dorso y cada uno de los dedos, durante un minuto, con una toalla desechable húmeda (que contenía agua, cloruro de benzalconio, lanolina y ácido benzoico), misma que se guardaba en un recipiente de plástico limpio y libre de plomo. Este mismo procedimiento se repetía después de que el trabajador se lavaba las manos, y la segunda toalla se guardaba en otro recipiente de plástico debidamente etiquetado. También se tomó el perfil de la mano derecha de los trabajadores hasta la muñeca, con el propósito de calcular la concentración de plomo en manos por m^2 de superficie. Las muestras también se enviaron para su análisis al laboratorio del NIOSH, y los resultados fueron notificados en $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Cabe mencionar que debido a la escasez de toallas con las mismas características mencionadas anteriormente, no se tomaron muestras blanco, esto es, una toalla sin usar tratada igual que las toallas muestra.

Monitoreo biológico

Plomo en sangre

A cada trabajador se le tomó una muestra de 5 ml de sangre venosa en el laboratorio del Hospital ABC, la cual se depositó en un tubo de *vacutainer*, libre de plomo y que contenía heparina. Posteriormente se analizaron utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer 3000, Chelmsford, MA) en el la-

boratorio de metales del Hospital ABC de la Ciudad de México. El Laboratorio de Higiene de Wisconsin, en Machinson Wisconsin, EUA, se encargó de realizar el análisis ciego externo de control de calidad a lo largo del periodo de estudio. Los resultados confirmaron que las determinaciones del Hospital ABC tuvieron una buena precisión y exactitud, con un coeficiente de correlación de 0.99 y una diferencia media de 0.17 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

Plomo en hueso

Se realizaron mediciones de la concentración de plomo en la parte media de la tibia y en la rótula izquierda de cada trabajador durante 30 minutos a cada uno, previo aseo de la región con una solución de alcohol isopropílico al 50%. Se utilizó un analizador de rayos gama de cadmio¹⁰⁹ K-X-fluorescente construido en la Universidad de Harvard e instalado en el Centro de Investigación de BRIMEX II, dependiente del Hospital ABC en la Ciudad de México. Aro y colaboradores⁷ ya han descrito los principios físicos, las especificaciones técnicas y los pasos necesarios para la validación de este instrumento, que utiliza una fuente fija de rayos gama para provocar la emisión de fotones fluorescentes hacia el tejido blanco, los cuales son detectados y transformados en un espectro. La señal de plomo neto se determina después de la sustracción de la cantidad de Compton por un algoritmo lineal de mínimos cuadrados. La señal de plomo fluorescente es entonces normalizada con el contenido de calcio en hueso mineral. Este aparato también proporciona un estimador de incertidumbre o imprecisión asociada con cada medición.

El análisis de las medias y las desviaciones estándar de la medición de los fantasmas de calibración no reveló cambios significativos en la exactitud y la precisión a lo largo del estudio.⁸ Los resultados son notificados en microgramos de plomo por gramo de hueso mineral ($\mu\text{gPb}/\text{g}$).

El algoritmo ajustado exige restar o sustraer el espectro asociado al plomo, del espectro del fondo. Debido a la naturaleza estadística del procedimiento, se pueden obtener estimaciones negativas de conteo, especialmente para concentraciones muy bajas de plomo. Esto resulta en un valor negativo para la concentración medida. Los valores negativos no se descartan ni se eliminan, ya que son el mejor estimador de la concentración de plomo en el individuo, y esa es la manera como se utilizan en los análisis estadísticos. El resultado negativo (no es una medición intrínseca) se debe a que la verdadera concentración de plomo en hueso es cercana a cero. No obstante, desde la perspec-

tiva epidemiológica, el uso de esta información podría perderse si al analizar los datos de las mediciones de KXF en vivo se estableciera un límite mínimo de detección. Es preferible usar todos los datos estimados, incluso si son de cero o por debajo de cero, en conjunto con el estimador de incertidumbre.^{9,10}

Cuestionario de exposición

A cada trabajador se le aplicó un cuestionario para determinar factores de exposición a plomo tanto laborales como extralaborales; por ejemplo, antigüedad en el empleo, puesto de trabajo, prácticas de trabajo, uso de loza vidriada, lugar de residencia, etcétera, y también se le interrogó acerca de ciertos factores socioeconómicos como el salario, las condiciones de la vivienda, y los servicios básicos, entre otros.

Análisis de los datos

Los datos se analizaron mediante el programa estadístico STATA, versión 5.0. El análisis univariado se realizó para todas las variables a fin de conocer su distribución y corroborar los valores extremos. Algunas variables continuas se utilizaron en su escala de distribución original, y otras se categorizaron. El análisis bivariado consistió en conocer la significancia de los coeficientes de correlación de plomo en sangre y tibia con los niveles de plomo en tibia y manos. Se conformaron dos grupos homogéneos de exposición de acuerdo con Rappaport y colaboradores¹¹ quienes los definen como un grupo de trabajadores con probabilidades idénticas de exposición; en el grupo I, constituido por los sujetos más expuestos a plomo, se integraron todos los que laboraban en el proceso de linotipo mecánico –con excepción del departamento de encuadernación–; los trabajadores de prensa *offset*, quienes por años han utilizado gasolina con tetraetilo de plomo para limpiar los rodillos de sus máquinas, y los trabajadores de intendencia que sólo laboraban en el área de linotipo mecánico y que no desempeñaban su trabajo en otras áreas administrativas. El grupo II estuvo formado por el resto del personal que ocupaba los demás puestos de trabajo y al cual se consideró como menos expuesto. Por otra parte, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para saber si las diferencias de medias entre los grupos de exposición I y II eran estadísticamente significativas.¹²

Se elaboraron mapas de riesgos basados en la información proporcionada por los trabajadores y en los resultados del monitoreo ambiental y biológico de plomo en cada puesto de trabajo. En esos mapas se representaron los valores promedio tanto para los in-

dicadores biológicos como para las concentraciones en aire, con el fin de ubicar los departamentos en donde había un mayor riesgo de exposición al plomo. El método de mapa de riesgo se originó en la experiencia de algunos trabajadores de una planta de autos en Italia en los años sesenta; los trabajadores iniciaron la investigación de los riesgos en su sitio de trabajo, por medio de una representación con círculos de diferentes colores y tamaños dibujados en un diagrama de la línea de producción. Posteriormente, un grupo de científicos verificó esta evidencia práctica de los trabajadores. A principios de los años ochenta, en EUA, diversas instituciones como el Departamento de Salud en cada estado y los centros laborales en las universidades, así como los sindicatos, consideraron que este proceso era válido para evaluar los riesgos ocupacionales, haciendo énfasis en la participación de los trabajadores, de tal manera que lo adoptaron utilizándolo para conducir programas de comunicación de riesgos (figura 1).^{13,14}

Pérdidas

Por incapacidades médicas, comisiones sindicales, licencias de trabajo y por la imposibilidad para abandonar sus puestos de trabajo, se perdieron 27 trabajadores. En total, 90 trabajadores cumplieron todas las etapas del estudio. Las pérdidas se distribuyeron, por procesos de trabajo, de la siguiente manera: en linotipo mecánico se perdieron ocho; en tipografía por computadora, seis, y en el personal administrativo, 13.

Los datos que se pudieron recopilar, respecto a los trabajadores que no aceptaron participar en el estudio, fueron la edad, el puesto de trabajo y el sexo. Al analizarlos se observa que la distribución por edad entre los no participantes fue, en promedio, de 43.6 años, con una desviación estándar (DE)= 10.7 y dentro de un rango de 21-64 años, mientras que para los que sí participaron resultó muy similar, pues el promedio fue de 43.3 años (DE= 13.6), dentro de un rango de 20-75 años. Al comparar la edad por sexo entre los no participantes el promedio fue, para los hombres, de 44.1 años (DE= 10.4) y, para las mujeres, de 42.5 años (DE= 11.60); entre los que sí estuvieron en el estudio, el promedio, para los hombres, fue de 44 años (DE= 14) y, para las mujeres, de 40 años (DE= 11).

Analizando por proceso de trabajo la participación de los trabajadores en este estudio, se observa que del área de linotipo mecánico 31 sujetos (31.6%) no participaron y 67 (68.3%) sí lo hicieron; del proceso de tipografía por computadora 12 (32.4%) se excluyeron y 25 (67.5%) sí participaron, y en cuanto al personal administrativo, 40 sujetos (54%) no fueron incluidos y 34

(46%) sí quedaron dentro de la investigación. Así entonces, los trabajadores del linotipo mecánico, que son los que se encuentran expuestos a plomo, fueron los que tuvieron una mayor participación en este estudio.

Resultados

Del total de trabajadores que participaron en el estudio, 75 (83.3%) eran hombres, y 15 (16.7%), mujeres. El promedio de edad para ambos sexos fue de 43 años (DE= 14), dentro de un rango de 20-75 años; en el caso de los hombres, el promedio de edad fue de 44 años (DE= 14), y para las mujeres fue de 40 años (DE= 11), por lo que las diferencias de edad no fueron estadísticamente significativas ($p= 0.28$).

La antigüedad promedio de los trabajadores de la imprenta fue de 15 años (DE= 10.8), con un rango de 1-47 años, y la que tenían en su puesto de trabajo al momento del estudio fue de 6.6 años (DE= 6.5), dentro de un rango de 1-40 años. Sin embargo, cabe mencionar que 43% (46) desempeñaba la misma actividad en otra imprenta litográfica.

El promedio de años que los trabajadores tenían de utilizar loza vidriada para preparar y almacenar alimentos fue de 20.7 años (DE= 17), y el promedio de años de vivir en el Distrito Federal fue de 40 años (DE= 13.3).

A partir del monitoreo biológico se observó que las concentraciones promedio de plomo fueron: en sangre, de 12.29 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (DE= 5.20), con un rango de 3.40 a 30.30 $\mu\text{g}/\text{dl}$; en tibia, de 25.99 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$ (DE= 18.82), con un rango muy amplio de -20.10 a 74.23 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$, y en rótula, de 43.29 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$ (DE= 28.55), con un rango de entre -4.82 y 136.89 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$ (cuadro I). Al analizar estos mismos valores por sexo se aprecia que las muje-

res tenían niveles promedio de plomo en sangre de 8.36 $\mu\text{g}/\text{dl}$; en tibia, de 11.68 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$, y en rótula, de 29.94 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$, mientras que los hombres presentaban valores mayores: en sangre, de 13 $\mu\text{g}/\text{dl}$, y en tibia y rótula, de 29.12 y 45.89 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$, respectivamente.

De los 90 trabajadores estudiados únicamente ocho (8.9%) tuvieron niveles de plomo en sangre por arriba de los 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$; estos sujetos tenían un promedio de 12 años de antigüedad en el proceso de linotipo mecánico, sólo cuatro fumaban y cinco utilizaban loza vidriada para preparar sus alimentos. De los ocho sujetos, cuatro realizaban la misma actividad en otra imprenta, con un promedio de 20 años de antigüedad.

A partir del monitoreo ambiental se determinó que el promedio de las concentraciones de plomo en aire fue de 0.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (DE= 2.3), con un rango de 0.0 a 19.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio de la concentración de plomo en manos antes del lavado fue de 6 802 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (DE= 18 853), con un rango bastante amplio: de 23 a 158 537 $\mu\text{g}/\text{m}^2$. El resultado de los cinco filtros blanco fue adecuado: para plomo después del lavado fue de 194 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (DE= 295), con un rango de 3 a 1 463 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (cuadro I). Para el plomo en aire, en hombres y mujeres fue de 0.89 y 0.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, y el plomo en las manos de las mujeres, antes y después de lavarlas, fue de 133 y 24 $\mu\text{g}/\text{m}^2$; en las de los hombres fue de 7 580 y 214 $\mu\text{g}/\text{m}^2$.

Tanto para los indicadores biológicos como para los niveles ambientales, las mujeres tuvieron cifras menores que los hombres, y estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$), excepto para plomo en manos antes del lavado.

Los factores socioeconómicos como el hacinamiento, las características de la vivienda y el acceso a

Cuadro I
VALORES DE LOS MONITOREOS AMBIENTAL Y BIOLÓGICO DE PLOMO Y CARACTERÍSTICAS SOCIOLABORALES EN TRABAJADORES DE UNA IMPRENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO, 1996-1997

Variable	No.	Media	DE	Rango
Edad (años)	108	43	± 14	20 a 75
Pb en aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	103	0.94	± 2.33	0.0 a 19.90
Pb en manos antes del lavado ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	104	6 802	± 18 853	23 a 158 537
Pb en manos después del lavado ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	103	194	± 295.1	3 a 1 463
Pb en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	89	12.29	± 5.20	3.40 a 30.30
Pb en tibia ($\mu\text{gPb}/\text{g}$ hueso mineral)	89	25.99	± 18.82	-20.10 a 74.23
Pb en rótula ($\mu\text{gPb}/\text{g}$ hueso mineral)	86	43.29	± 28.55	-4.82 a 136.89
Antigüedad total en la imprenta (años)	100	15.3	± 10.8	1 a 47
Antigüedad en el puesto actual (años)	96	6.6	± 6.5	1 a 40
Años de usar loza vidriada	81	20.7	± 13	1 a 57

DE: desviación estándar

los servicios básicos resultaron similares entre los trabajadores y, puede decirse que, en general, sus condiciones de vida eran buenas. Empero, en cuanto a las prácticas de higiene personal y de trabajo se encontró que 93% ingiere alimentos sólidos o líquidos en sus áreas de trabajo, 45.1% fuma y 94% se lava las manos antes de comer. Sólo 19.4% de los trabajadores se bañan al terminar su jornada laboral, y todos llevan a lavar a su casa su ropa de trabajo. Ninguno de los trabajadores utiliza equipo de protección personal.

Al estratificar los resultados en los tres procesos mediante el ANOVA, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el linotipo mecánico y los otros dos procesos (tipografía por computadora y administrativos) para los niveles de plomo en aire y en manos, en sangre y en tibia, aunque no así para plomo en rótula. Sin embargo, cuando se conformaron los dos grupos homogéneos de exposición, la prueba de ANOVA mostró que, tanto para las concentraciones medias de plomo en aire y en manos, como para los indicadores biológicos (plomo en sangre, tibia y rótula), las diferencias fueron estadísticamente significativas (cuadro II).

La antigüedad de los trabajadores en la imprenta por grupos fue la siguiente: grupo I, 17 años, con una DE= 10.9; grupo II, 13.9 años con una DE= 10.6, y la diferencia no fue significativa ($p= 0.1561$).

Respecto a otras fuentes de exposición extralaboral, 44% (48) de los sujetos son fumadores: en el grupo I fuman en promedio 13 cigarrillos al día y en el grupo II la media fue de nueve cigarrillos diarios; la diferencia entre ellos no fue significativa ($p= 0.4078$). Respecto a los años de utilizar loza vidriada, tampoco se presentaron diferencias significativas entre ambos grupos. En el análisis exploratorio y descriptivo de los datos se lograron identificar los departamentos de trabajo con mayor riesgo de exposición ocupacional al

plomo: los niveles más altos se encontraron en el de linotipo mecánico, tanto para los indicadores biológicos como para los datos del monitoreo ambiental. Llama la atención el caso del fundidor, quien a pesar de laborar únicamente dos días cada tres meses, presenta valores más altos de plomo en sangre (20.7 $\mu\text{g}/\text{dl}$); le siguen el prensista, con 15.07 $\mu\text{g}/\text{dl}$; los de enrame, con 14.5 $\mu\text{g}/\text{dl}$, y los formadores de caja con 13.90 $\mu\text{g}/\text{dl}$. También se observó que los grupos de trabajadores con altas concentraciones promedio de plomo en tibia y rótula son los linotipistas, los formadores de cajas, y los prensistas y enramadores; sin embargo, el jefe de talleres, quien es la persona con mayor edad y antigüedad en la imprenta, tiene los niveles más altos (cuadro III).

Los coeficientes de correlación significativos ($p < 0.05$) para plomo en sangre fueron de $r= 0.43$ y 0.36 para plomo en hueso (tibia y rótula), respectivamente; plomo en aire $r= 0.21$ y número de cigarrillos que se fumaban al día. Los coeficientes de correlación para plomo en manos antes y después, años de usar loza vidriada, años de vivir en la Ciudad de México, antigüedad en la imprenta actual y en otra imprenta, y edad, no fueron significativos. No obstante, para plomo en tibia los coeficientes de correlación que resultaron significativos fueron: plomo en rótula $r= 0.78$, edad $r= 0.6283$, años de usar loza vidriada $r= 0.2316$, años de vivir en la Ciudad de México $r= 0.63$; número de cigarrillos que fuma al día $r= 0.37$. Estos coeficientes fueron muy similares para plomo en rótula.

Discusión

Los resultados de este estudio mostraron niveles elevados de plomo en hueso para ambos sexos; en rótula, el promedio para hombres fue de 45.89 $\mu\text{g Pb}/\text{g}$, y para

Cuadro II
RELACIÓN ENTRE GRUPOS HOMOGÉNEOS DE EXPOSICIÓN CON LOS NIVELES AMBIENTALES Y BIOLÓGICOS DE PLOMO EN TRABAJADORES DE UNA IMPRENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO, 1996-1997

	Grupo I*			Grupo II [†]			Valor de p
	No.	Media	DE	No.	Media	DE	
Plomo en aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50	1.41	1.72	52	0.14	0.20	0.0000
Plomo en manos antes del lavado ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	50	13 745	25 532	53	378	750	0.0002
Plomo en manos después del lavado ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	49	349	353	53	54	114	0.0002
Plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	47	14.23	5.40	42	10.13	4.03	0.0001
Plomo en tibia ($\mu\text{g Pb}/\text{g}$ hueso mineral)	47	34.10	18.12	42	16.91	15.24	0.0000
Plomo en rótula ($\mu\text{g Pb}/\text{g}$ hueso mineral)	45	53.64	30.36	41	31.94	21.59	0.0003

DE: desviación estándar

*Linotipo mecánico, prensa *offset* e intendencia

[†] Administrativos, tipografía por computadora y encuadernación

Cuadro III
CONCENTRACIONES MEDIAS DE PLOMO EN AIRE, MANOS, SANGRE, TIBIA Y RÓTULA POR PROCESO DE TRABAJO, EN UNA IMPRENTA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, 1996-1997

Puesto trabajo	No.	Plomo en aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb en manos antes del lavado ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	Pb en manos después del lavado ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	Pb en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	Pb tibia ($\mu\text{g}/\text{g}$ hueso mineral)	Pb rótula ($\mu\text{g}/\text{g}$ hueso mineral)
Linotipo mecánico							
Linotipo	15	1.43	7 710	462	13.11	40.70	63.75
Formación de cajas	11	2.88	42 661	511	13.90	22.46	46.25
Enrame	2	4.1	4 146	366	14.5	27.49	49.27
Prensa	17	0.90	5 341	249	15.07	32.57	46.58
Encuadernación	7	0.10	442	55	11.92	7.35	19.95
Fundición	1	36*	296	188	20.7	38.17	42.64
Jefatura de talleres	1	0.2	93	18	11.5	51.87	114.54
Tipografía por computadora							
Tipografía	6	0.05	95	14	11.24	14.59	37.15
Formación de cajas en frío	3	0.13	219	16	5.10	15.53	33.35
Cámara y negativos	1	0.30	305	27	13.20	28.68	47.52
Prensa offset	5	0.10	166	55	15.14	40.76	66.07
Personal administrativo							
Corrección de estilo	9	0.20	347	48	10.23	32.43	50.76
Almacén	5	0.06	251	157	14.18	23.11	36.70
Contabilidad	3	0.07	102	22	8.90	8.86	32.52
Oficial admvo.	6	0.05	172	35	6.92	15.10	25.35
Secretaría	7	0.21	52	8	7.08	12.19	20.89
Intendencia	5	0.26	1 846	150	11.90	6.90	11.07
Diseño	1	0.05	244	50	13.6	29.93	5.42
Técnico en tipografía	1	0.05	54	21	6.2	10.51	20.94

No.: número de trabajadores

* Para el proceso de fundición se encontró una concentración para exposiciones de corto tiempo (CCT) NOM-010-STPS de 1 083 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante seis minutos en una jornada laboral. La norma establece 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

mujeres de 29.94 μg Pb/g. Sin embargo, las concentraciones de plomo en sangre en todos los trabajadores estudiados estuvieron por debajo del límite que se establece en los EUA: la norma establece 50 μg Pb/dl.¹⁵ Respecto a tibia, aire y manos, fueron mucho menores entre las mujeres que entre los hombres. Los niveles altos en rótula entre las mujeres sugieren una exposición crónica adicional (ocupacional) a las fuentes ambientales, en comparación con los niveles que se han encontrado en otros estudios en mujeres de la población general y que viven en la Ciudad de México (cuadro IV). Lo anterior lleva a pensar que las mujeres de este estudio conforman un grupo de alto riesgo para la salud; se ha demostrado en estudios epidemiológicos que la movilización de los depósitos de plomo en hueso en mujeres en etapa de gestación y lactancia actúa como una fuente de exposición endógena al metal, pues éste es transferido a sus hijos.^{16,17} Por otra parte,

en la etapa del climaterio el calcio y el plomo se desplazan al torrente sanguíneo.¹⁸

En México no existen otros estudios sobre trabajadores de la imprenta o de otra actividad industrial a quienes se les haya medido plomo en hueso, en aire o en manos, de tal manera que se carece de un parámetro de comparación. Así, el único punto de comparación son los estudios epidemiológicos ocupacionales realizados en los EUA, en los que se midió la concentración de plomo en sangre, en hueso cortical (tibia) y trabecular (calcáneo o rótula), de trabajadores de diferentes ramas industriales como los fundidores y los carpinteros; inclusive en un estudio se incorporó a trabajadores jubilados (cuadro IV).

En esos estudios se aprecia que los niveles de plomo en sangre y en tibia notificados son ligeramente mayores que los que se encontraron en los trabajadores del grupo I del presente estudio. Por otra parte, los

Cuadro IV
COMPARACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE PLOMO EN TRABAJADORAS DE UNA IMPRENTA CON MUJERES DE LA CIUDAD DE MÉXICO, Y DE PLOMO EN TRABAJADORES DE LA MISMA IMPRENTA CON TRABAJADORES DE ESTADOS UNIDOS

Autores del estudio	Plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)			Plomo en hueso cortical ($\mu\text{g}/\text{g}$ hueso mineral)			Plomo en hueso trabecular ($\mu\text{g}/\text{g}$ hueso mineral)		
	No.	Media	DE	No.	Media	DE	No.	Media	DE
Mujeres									
Hernández-Avila y cols. (1996)	95	9.6	± 4.5	95	12.5	± 11.6	95	16.7	± 13.3
González-Cossio y cols. (1997)	270	8.9	± 4.1	272	9.8	± 8.9	263	14.2	± 13.2
Estudio en imprenta (1997)	15	8.36	± 3.55	16	11.68	± 11.99	14	29.94	± 17.54
	No.	Media	Rango	No.	Media	Rango	No.	Media	Rango
Hombres									
Gerhardsson L y cols. (1993)*									
Activos	70	31.84	4.96-47.35	70	13	4.4-72.8	70	48.6	0.4-217.8
Jubilados	30	9.3	3.30-20.88	30	39.3	2.9-73.4	30	100.2	34.8-188.9
Watanabe y cols. (1994) [†]	127	8.2	2-25	127	9.8	-15-39	127	14	-11-78
Roels H y cols. (1995). Fundidora*	123	31	6-62	123	49	15-167			
Estudio en imprenta (1997) [‡]	47	14.23	5.20-30.30	47	34.10	-0.01-74.23	45	53.64	0.00-136.89

DE: desviación estándar

* Fundidora

[†] Carpintería

[‡] Grupo I (linotipo mecánico, prensa *offset* e intendencia)

valores de plomo en rótula son más elevados que en tibia y muy similares a los encontrados en esta investigación (cuadro IV). Lo anterior podría indicar que, a lo largo del tiempo, existe una absorción más rápida en hueso trabecular que en hueso cortical, aunque las exposiciones ocupacionales a plomo por vía aérea o digestiva pueden variar con el tiempo.¹⁹⁻²³

Los resultados muestran que si bien el grupo I de este estudio presentó niveles de plomo en aire y sangre bajos, los correspondientes a plomo en hueso fueron altos y muy similares a los de otros procesos (fundidora, etc.). Lo anterior podría indicar que probablemente en el pasado hubo una exposición al plomo más intensa que la que se encontró al momento de realizar el estudio, y que los indicadores (plomo en aire y sangre) tienen grandes limitaciones para poder reconstruir la exposición pasada y los efectos de largo plazo (cuadro IV).

Los resultados de este estudio muestran que un grupo de trabajadores de prensa *offset* tienen niveles más altos de plomo en hueso, en comparación con los de tipografía por computadora. Los de prensa *offset* utilizaron por muchos años gasolina con tetraetilo de plomo para limpiar los rodillos de la máquina, de tal manera que dicha exposición podría explicar los altos

niveles de plomo en hueso que se detectaron en esos trabajadores (cuadro III).

En México se carece de una norma ocupacional que establezca un nivel máximo permisible para la concentración de plomo en sangre en trabajadores; sin embargo, sí existe un anteproyecto que propone un límite de 65 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y recomienda tomar medidas de prevención y control cuando los niveles alcanzan los 50 $\mu\text{g}/\text{dl}$ para hombres y, en el caso de las mujeres, la propuesta establece los 30 $\mu\text{g}/\text{dl}$, sin recomendar un nivel de acción a concentraciones menores a ese valor.*

Las normas para plomo que ha aprobado la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), han sido muy útiles en la identificación de enfermedades ocupacionales ligadas a marcadores biológicos, como el plomo en sangre. Esas normas han permitido identificar signos tempranos de sobrexposici n, y tomar las medidas de protección y control correspondientes, a la vez que aplicar los tratamientos indicados para las intoxicaciones agudas. No obstante, esa normati-

* El anteproyecto de la Norma de Indicadores de Exposición Biológica al plomo se encuentra en etapa de discusión en la Dirección General de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud, de México.

vidad no incluye los efectos que genera a largo plazo la exposición crónica de los trabajadores al metal, ni la utilidad que pudieran tener los indicadores de acumulación como es el caso del plomo en hueso y su asociación con probables daños a la salud. Por estas razones es muy importante que la normatividad mexicana para indicadores biológicos de exposición a plomo sea aprobada tomando en cuenta que, en la medida en que aumenta el tiempo de exposición al metal en los centros de trabajo, se observan efectos nocivos en la salud aun cuando existan niveles de plomo en sangre que antes se consideraban seguros o recomendables para proteger o prevenir la acción tóxica del plomo en los trabajadores. Estos efectos a dosis bajas han sido analizados en estudios epidemiológicos en los que se documentaron índices bajos de producción de células rojas asociados a niveles relativamente bajos de plomo en sangre. Dado que la hematopoyesis se lleva a cabo en la médula ósea, el plomo en hueso podría ser un marcador de dosis más exacto que el plomo en sangre para esta forma de toxicidad.²⁴

En consideración a lo anterior se sugiere que la norma de plomo en aire que se establezca sea muy exigente en cuanto a la definición del nivel de plomo que puede prevalecer en el ambiente laboral, y que no favorezca la acumulación crónica de plomo en hueso. Es necesario que al establecer esa norma se tome en cuenta también el daño reproductivo tanto en mujeres como en hombres.

Actualmente en la norma oficial mexicana ocupacional, las CPT para plomo en aire en México no deben ser mayores a 0.15 mg/m^3 ($150 \text{ }\mu\text{g/m}^3$), para una jornada de ocho horas diarias de trabajo.⁴ Empero, al compararlas con los valores umbrales límite para una jornada similar (permissible exposure level: PEL) de la norma estadounidense de OSHA, que son de 0.050 mg/m^3 ($50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$),¹⁵ se aprecia que están tres veces por encima de las mismas. Lo anterior permite que en México se utilicen dos criterios en la evaluación de la contaminación en el ambiente laboral.

En la imprenta donde se llevó a cabo este estudio las concentraciones de plomo en aire se ubicaron por debajo de la normatividad nacional e internacional, lo cual podría indicar que en la actualidad contribuyen poco a la acumulación de plomo en sangre. De acuerdo con los modelos metabólicos desarrollados por el TGLD (Task Group on Lung Dynamics del ICRP), se estima que en los adultos la absorción en sangre del plomo inhalado es de 40%.²⁵ Sin embargo, se desconocen las concentraciones de plomo en aire que había en el pasado, aunque es probable que hayan sido más elevadas que las actuales.

Las concentraciones en manos antes del lavado son muy altas, y aún después del aseo no se logra eliminar todo el metal, lo que sugiere que la vía oral es una fuente de ingreso de plomo al organismo. Podría pensarse entonces que en el pasado la vía oral también contribuyó de manera importante, si se considera que las concentraciones en aire pudieron haber sido mayores y que los hábitos higiénicos y las prácticas de trabajo no se modificaron respecto a las que se observan actualmente. Aunque se sabe que en los adultos la tasa de absorción es de 5 a 15% del plomo ingerido, la cifra varía con el estado de ayuno y la ingesta de alimentos que contienen calcio y grasas, con el tamaño de la partícula, la forma física y química del plomo, su solubilidad, y, respecto al individuo, con su edad y estado nutricional, si tiene hábitos higiénicos deficientes como comer, fumar y beber en las áreas de trabajo (por no contar con área de comedor) y si utiliza loza vidriada para guardar y preparar los alimentos,²⁵⁻²⁷ a diferencia de lo que sucede con los niños, quienes en promedio absorben de 41.5 a 50%.²⁷⁻²⁹

La observación de que los trabajadores llevan la ropa de trabajo y los zapatos al hogar, sugiere una práctica de higiene inadecuada, debido a que trasladan el riesgo de toxicidad por plomo a sus familias. En varios estudios epidemiológicos que se han hecho en EUA entre trabajadores expuestos a plomo y sus familias, se han encontrado episodios de intoxicación por el metal en la población infantil asociados con el hecho de que los padres llevan a sus hogares las ropas de trabajo, contaminadas con partículas de plomo, para ser lavadas ahí mismo. En el ámbito internacional³⁰⁻³² se desconoce la magnitud de este problema, de tal manera que sería necesario realizar una investigación de los niveles de plomo en sangre y en hueso entre las familias de los trabajadores de la imprenta.

Por ser de carácter transversal, el estudio tuvo limitaciones en la capacidad para reconstruir la exposición de los trabajadores al plomo a lo largo de su historia laboral, debido a que la empresa no contaba con información previa de monitoreos ambientales y biológicos, ni tampoco de las modificaciones que se presentaron en el proceso productivo a lo largo de los años. Otro aspecto que fue imposible evaluar fue la doble jornada de los trabajadores, pues 46 (43%) desempeñaban la misma actividad en otras imprentas, cuyas condiciones de exposición fueron desconocidas.

La evaluación de plomo en aire, manos y sangre que se llevó a cabo en este estudio representa únicamente la exposición que los trabajadores sufrieron durante el periodo de estudio y no la previa, ya que las condiciones climáticas y las variaciones en la pro-

ductividad influyen sobre el nivel de concentración del metal en el ambiente de trabajo.

Debido a que sólo se incluyeron trabajadores activos, este estudio presenta el sesgo del trabajador sano; probablemente los que están incapacitados y jubilados son los que sufrieron una mayor exposición en el pasado y quizás tengan niveles más altos de plomo en hueso, con efectos sobre su salud no diagnosticados, como daño renal o hipertensión arterial. Esto significa que los niveles de plomo en aire y sangre aquí observados podrían ser una subestimación de los niveles reales de exposición que han padecido los trabajadores a lo largo de su vida laboral.

Este estudio estuvo enfocado a la evaluación de la exposición al plomo. Para evaluar de manera más completa la salud de los trabajadores de la imprenta es recomendable investigar los disolventes orgánicos utilizados y el ruido, entre otros factores de riesgo.

Se puede concluir que, los niveles del plomo en sangre se han utilizado en el mundo entero para evaluar exposiciones agudas que se dan en el ambiente de trabajo. Los niveles altos de plomo en hueso que se encontraron en los trabajadores de este estudio son similares a otros estudios ocupacionales que se hacen en los EUA, y sugieren que el plomo acumulado en el hueso puede ser una importante fuente de exposición endógena, de ahí la utilidad de su medición. No obstante, por el alto costo de su aplicación en los países en vías de desarrollo, la medición de plomo en hueso está limitada a la investigación epidemiológica y aún no es utilizada en la vigilancia epidemiológica.

Estos hallazgos hacen énfasis en que aun cuando los trabajadores tengan niveles de plomo en sangre bajos, éstos sólo reflejan la exposición reciente y no representan el plomo acumulado en hueso a través de los años de exposición en el trabajo; por lo tanto, es necesario establecer una normatividad para definir el nivel biológico permisible de plomo en sangre, de manera que sea posible proteger la salud de los trabajadores mexicanos. Asimismo, es necesario revisar la normatividad para niveles de plomo en aire, de tal modo que disminuyan las CPT y se establezca una norma sobre vigilancia epidemiológica ocupacional.

Recomendaciones

Con los resultados de este estudio y tomando en cuenta la amplia experiencia en las industrias que usan plomo, como las de los EUA, que resultó en las medidas de control en el estándar de plomo de OSHA, se ha encontrado que la aplicación de algunas medidas simples de intervención puede reducir los niveles de exposición de los trabajadores al plomo y evitar el

transporte del metal a sus familias. Esas medidas son dotar a los trabajadores de equipo de protección personal, ropa y zapatos de trabajo adecuados; poner a su disposición vestidores, baños, regaderas y casilleros con una división entre su ropa de calle y la de trabajo, y procurar el lavado de esta última como una responsabilidad de la empresa; asimismo, instalar un área exclusiva para el consumo de alimentos.

Por otra parte, la empresa podría establecer programas de mantenimiento y limpieza, con aspiradoras industriales de partículas, de las máquinas, de los equipos y de las áreas de trabajo, de tal manera que todas las superficies queden libres de contaminantes. Asimismo podría aplicar un programa de vigilancia médica para detectar a tiempo los efectos nocivos sobre la salud de la exposición al plomo, e identificar a los trabajadores que tienen una alta carga corporal de metal, así como a aquellos que presentan alguna patología crónico-degenerativa o condición clínica o subclínica que pudiera agravarse con la exposición al plomo (anemia, enfermedad renal, hipertensión arterial, diabetes mellitus y alteraciones del sistema nervioso central y periférico). Asimismo, se podría establecer una vigilancia médica periódica de los hombres y mujeres que se encuentran en etapa reproductiva.

Por otro lado, se podría llevar a cabo lo siguiente:

- El establecimiento de un programa de información y capacitación a los trabajadores que advierta acerca de los riesgos específicos asociados con su ambiente de trabajo y difunda las medidas de prevención y control de dichos riesgos, las prácticas seguras de trabajo, así como los estándares que existen y sus derechos en relación con los riesgos ocupacionales.
- Un programa de monitoreo ambiental.
- Un programa de verificación continua de las medidas de control recomendadas, que permita a la empresa evaluar la efectividad de las medidas de prevención y control.

Agradecimientos

Se agradece ampliamente la colaboración que prestaron los trabajadores de la imprenta y sus representantes sindicales, para la realización de este estudio, y a las autoridades de la empresa las facilidades brindadas. Por otra parte, se agradece también el apoyo que prestaron instituciones como el Hospital ABC de la Ciudad de México, el Centro de Investigación Brimex III y el Instituto Nacional de Salud Pública; al doctor Fernando Meneses y a todo el personal que participó en la coordinación del trabajo de campo, como la licen-

ciada Eugenia Fishbein, las químicas Ilda Muñoz y Araceli Rivero, a los técnicos radiólogos, las enfermeras, los choferes, los capturistas de datos y personal administrativo. Asimismo, el apoyo técnico de la Universidad de Harvard, en EUA, y el apoyo técnico, instrumental y de análisis de muestras de NIOSH, en Cincinnati, EUA, especialmente el de la doctora Sherry Baron. También para el ingeniero Juan Rodríguez García y su empresa de Análisis Ambiental, por el apoyo económico y técnico que prestó a este proyecto. Agradecemos, de manera muy especial: al HI. Bruce A. Millies, Francisco Mercado y Juan Eugenio Hernández, y a Teresa Téllez, por su apoyo secretarial. Asimismo, al Instituto Mexicano del Seguro Social y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología pues sin el subsidio otorgado por medio de la beca habría sido imposible concluir este estudio.

Referencias

1. Lacasaña M, Romieu I, McConnell R, y Grupo de trabajo sobre plomo de la OPS. El problema de exposición al plomo en América Latina y el Caribe. Metepec, Estado de México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud/Organización Panamericana de la Salud, 1996:2-3.
2. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Censo Industrial. México, D.F.: INEGI, 1994.
3. Parmeggiani L. Encyclopaedia of occupational health and safety. 3a. Edición. Ginebra: International Labour Office, 1983;vol.2:1790-1792.
4. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Norma Oficial Mexicana Diez. NOM-010-STPS-1994, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio laboral. Diario Oficial de la Federación 1994 julio 8: 457 y anexo.
5. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. NOM-033-STPS. Determinación de plomo y compuestos inorgánicos de plomo. Método de absorción atómica. Diario Oficial de la Federación 1994 enero 12.
6. National Institute for Occupational Safety and Health. Manual of analytical methods. Lead in surfaces wipes method 9100. 4ª edición. Cincinnati (OH): DHHS/NIOSH, 1994:94-113.
7. Aro A, Tood A, Amarasiriwardena C, Hu H. Improvements in the calibration of 109 Cd K X-ray fluorescence systems for measuring bone lead *in vivo*. Phys Med Biol 1994;39:2263-2271.
8. González-Cossío T, Peterson KE, Sanin LH, Fishbein E, Palazuelos E, Aro A. Decrease in birth weight in relation to maternal bone-lead burden. Pediatrics 1997;100(5):1-7.
9. Hu H, Aro A, Rotnitzky A. Bone lead measured by X-ray fluorescence: Epidemiologic methods. Environ Health Perspect 1995;103, suppl 1:105-110.
10. Farias P, Hu H, Rubenstein E, Meneses-González F, Fishbein E, Palazuelos E *et al*. Determinants of bone and blood lead levels among teenagers living in urban areas with high lead exposure. Environ Health Perspect 1998;106(11):1-5.
11. Rappaport SM, Kromhout H, Symanski E. Variation of exposure between workers in homogeneous exposure groups. Am Ind Hyg Assoc J 1993;54:654-662.
12. Norman G, Streiner D. Bioestadística. Madrid: Mosby/Doyma Libros, 1996:58-88.
13. Tam J. Risk mapping. Los Angeles (CA): Labor Occupational Safety and Health, University of California, 1996.
14. Mujica J. Coloring the hazard: Risk map research and education to fight health hazard. Am J Ind Med 1992;22:767-770.
15. Occupational safety and health administration. U. S. Department of Labor. Occupational exposure to lead. 29 CFR 1910.1025.
16. Hernández-Avila M, González-Cossío T, Palazuelos E, Romieu Y, Aro A, Fishbein E *et al*. Dietary and environmental determinants of blood and bone lead levels in lactating postpartum women living in Mexico City. Environ Health Perspect 1996;104(10):1076-1082.
17. Rothenberg S J, Pérez G Y, Perroni H E, Schnaas A L, Cansino O S, Suro CD *et al*. Fuentes de plomo en embarazadas de la Cuenca de México. Salud Publica Mex 1990;32(6):632-643.
18. Webber CE, Chettle DR, Bowins RJ, Beaumont LF, Gordon CL, Song X *et al*. Hormone replacement therapy may reduce the return of endogenous lead from bone to the circulation. Environ Health Perspect 1995;103(12):1150-1153.
19. Gerhardsson L, Attewell R, Chettle DR, Englyst V, Lundström NG, Nordberg GF *et al*. *In vivo* measurements of lead in bone in long-term exposed lead smelter workers. Arch Environ Health 1993;48(3):147-156.
20. Watanabe H, Hu H, Rotnitzky A. Correlates of bone and blood lead levels in carpenters. Am J Ind Med 1994;26:255-264.
21. Roels H, Konings J, Green S, Bradley D, Chettle D, Lauwerys R. Time-integrated blood lead concentration is a valid surrogate for estimating the cumulative lead dose assessed. Environ Res 1995;69(2):75-82.
22. Skerfving S, Nilsson U, Schutz A, Gerhardsson L. Metabolism of inorganic lead in occupationally exposed human. Arch Hig Rada Toksikol 1983;34:341-350.
23. Somersville LJ, Chettle DR, Scott MC, Aufderheide AC, Wallgren JE, Wittmers LE *et al*. Comparison of two *in vivo* measurements. Phys Med Biol 1986;31:1267-1274.
24. Schwartz J, Landrigan PJ, Baker EL, Jr Orenstein WA, von Lindern IH. Lead-induced anemia:dose-response relationship and evidence for a threshold. Am J Public Health 1990;80:165-168.
25. Chavalitnitikul Ch, Levin L, Chen LCH. Study and models of total lead exposures of battery workers. Am Ind Hyg Assoc J 1984;45(12): 802-808.
26. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for lead. Atlanta: ATSDR, 1993:98.
27. Lacasaña-Navarro M, Romieu I, Sanin-Aguirre LH, Palazuelos-Rendón E, Hernández-Avila M. Consumo de calcio y plomo en sangre de mujeres en edad reproductiva. Rev Invest Clin 1996;48:425-430.
28. Palazuelos-Rendón E. Efectos del plomo en la salud infantil. En: Howson CP, Hernández-Avila M, Rall DP, ed. El plomo en América. Estrategias para la prevención. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública/Academia Nacional de Ciencias de los EUA, 1996:67.
29. Mahaffey K. Nutritional factors in lead poisoning. Nutr Rev 1981;39(10):353-362.
30. Czachur M, Stanbury M, Gerwel B, Gochfeld M, Rhoads G, Wartenberg D. A pilot study of take-home lead exposure in New Jersey. Am J Ind Med 1995;28:289-293.
31. Min Y, Correa-Villaseñor A, Stewart PA. Parental occupational lead exposure and low birth weight. Am J Ind Med 1996;30:569-578.
32. Gerson M, Van Den Eeden SK, Gahagan P. Take-home lead poisoning in a child from his father's occupational exposure. Am J Ind Med 1996;29:507-508.