
Exposición ocupacional a plomo en unidades productivas en Maracaibo, Venezuela.

Gilbert Corzo y Rosa Naveda.

Instituto de Medicina del Trabajo e Higiene Industrial, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Palabras clave: Plomo, exposición ocupacional.

Resumen. Se realizó un estudio médico ocupacional en 40 trabajadores pertenecientes a unidades productivas dedicadas a labores de telecomunicaciones, 22 a mecánica de radiadores de automóviles y 11 a reparación de acumuladores eléctricos; a quienes se les practicó historia médico ocupacional y se les determinó las concentraciones de plomo en sangre y en su medio ambiente laboral. Se evaluaron además 73 sujetos no expuestos ocupacionalmente a riesgos por plomo, sin antecedentes familiares patológicos y ocupacionales, sanos al momento del examen, a quienes se les determinó los niveles de plomo séricos. Los valores promedio de plumbemia en la población expuesta estuvieron por encima del nivel umbral especificado en la norma COVENIN 2277-85 (30 µg/dl) (Técnicos en Telecomunicaciones, 40,10 µg/dl; Mecánicos de Radiadores, 37,40 µg/dl y Reparadores de Acumuladores, 45,77 µg/dl) y fueron significativamente mayores que los de la población no expuesta (16,75 µg/dl; $p < 0,0001$). Se analizaron los factores que pueden influir en la variabilidad de los resultados, y se encontró correlación entre la plumbemia de los mecánicos de radiadores y reparadores de baterías y la antigüedad laboral y las concentraciones ambientales de plomo ($p < 0,001$). Las condiciones climáticas laborales y personales de los técnicos en telecomunicaciones explican la ausencia de correlación de la plumbemia con la antigüedad laboral y las concentraciones ambientales de plomo. Los hallazgos clínicos en la población ocupacionalmente expuesta son inespecíficos. Los trabajadores de las unidades productivas objeto de estudio, no prestan ni mantienen observancia de las normas de saneamiento básico, protección personal y seguridad industrial. Este trabajo proporciona información básica que permitirá la posterior realización de estudios prospectivos observacionales más complejos, a fin de detectar la ocurrencia de alteraciones derivadas, de la exposición ocupacional al plomo.

Occupational exposure to lead in productive units in Maracaibo, Venezuela.

Invest Clin 1998; 39(3): 163-173.

Key words: Lead, occupational exposure.

Abstract. A medical occupational study was performed in 40 workers belonging to productive units in telecommunication works, 22 to car radiator mechanics and 11 to battery repairs. A practical medical and occupational study was applied to the group and also were determined their blood lead and air lead exposure levels. Seventy-three individuals, without risk of laboral exposure to lead, without familiar, pathological and occupational antecedents, and healthy at the time of the test, to whom the blood lead levels were determined served as control group. The mean values of plumbemia in exposure workers to inorganic lead exceed the level threshold of the COVENIN 2277-85 norm (30 µg/dl) (Telecommunication work, 40.10 µg/dl, radiators mechanics, 37.40 µg/dl and battery repairs, 45.77 µg/dl), values that were significantly higher ($p < 0.0001$) compared with the ones obtained in the non-exposed population. The factors that can influence the variability of the results were analyzed and it was established a correlation between the plumbemia of the radiator mechanics and battery repairmen and the length of occupational period and air lead levels ($p < 0.0001$). The inherent factors to the climatic, occupational and personal conditions of technicians in telecommunications, are presented as elements able to explain the lack of correlation between blood lead levels and length of occupational period and air lead. The clinical findings in exposed workers were unspecific. The workers do not practice or follow the basic sanitary regulations, personal protection and industrial security. This work will contribute to establish a basic description, to further and more complex observational prospective studies in order to determine the occurrence of alterations that are derived from occupational lead exposure.

Recibido: 28-10-96. Aceptado: 8-7-98.

INTRODUCCIÓN

En los tiempos modernos el uso del plomo y sus compuestos ha alcanzado un amplio nivel. Existe un número elevado de exposiciones laborales al plomo, en las cuales una gran cantidad de trabajadores ha estado o están en contacto con

este metal en forma regular u ocasional; sin embargo, debe establecerse que la sola presencia del plomo en el ambiente de trabajo no significa que exista un riesgo de toxicidad, ya que ello depende de una serie de factores determinados por la presencia de humos y polvos del metal en el ambiente, lo cual puede

variar de acuerdo al tipo de ocupación y de industria.

Los principales efectos del plomo sobre el organismo pueden clasificarse dentro de tres grupos. Primero, el plomo es un metal electropositivo con alta afinidad por los grupos sulfidrilos, los cuales están cargados negativamente. Esto se pone de manifiesto en la inhibición de enzimas sulfidrilodependientes, tales como la ácido delta-aminolevulinico dehidratasa (ALA-D) y la ferroquelatasa, dos enzimas que participan en la biosíntesis del grupo prostético de la hemoglobina (Hem).

Segundo, el plomo divalente es similar al calcio, y puede tener un efecto competitivo en algunos sistemas de la economía tales como la respiración mitocondrial y varias funciones neurológicas. Otro reforzamiento de tal similitud, podía explicar que el 90% o más de la carga corporal total, se almacena en el esqueleto.

Tercero, los efectos del plomo sobre los ácidos desoxi y ribonucleico, por mecanismos que todavía se discuten, pueden estar relacionados con el ión divalente del metal, lo cual sin lugar a dudas, puede tener importantes implicaciones biológicas.

Desde el punto de vista ocupacional, la principal vía de absorción del plomo inorgánico es la inhalatoria. Todas las formas físicas del mineral y sus compuestos, que son inhaladas, entran rápidamente en contacto con la circulación a través del epitelio pulmonar. La vía digestiva es poco importante, y la absor-

ción dérmica carece de significancia, debido a que el metal no se absorbe por esta vía (1, 2).

El plomo inorgánico absorbido se combina con los fosfatos del plasma y origina el fosfato plumboso (muy soluble), constituyendo el llamado plomo circulante, al cual se deben las manifestaciones tóxicas. El fosfato plumboso se transforma enzimáticamente en fosfato plúmbico (poco soluble), y se deposita en distintos órganos, tales como: hígado, riñón, encéfalo y huesos largos (3)

La exposición ocupacional al plomo puede causar diversas alteraciones a la salud del trabajador, especialmente en los sistemas hematopoyéticos, renal, nervioso y gastrointestinal (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

El desarrollo de enfermedad clínicamente observable depende del grado y de la intensidad de la exposición. Niveles bajos de exposición requieren meses o años antes de provocar efectos a la salud, en tanto que la exposición a altas concentraciones puede producir síntomas y signos clínicos en días o semanas (3, 4, 7, 10)

Debido a los efectos que este metal produce a nivel orgánico y funcional, y considerando que existen numerosas ocupaciones en las cuales los trabajadores se encuentran sometidos a factores de riesgo, se considera necesario realizar análisis de la exposición, medio ambiente laboral y la comunidad, para determinar la magnitud del riesgo, trascendencia, vulnerabilidad, factibilidad y viabilidad de producir dete-

rioro a la salud a fin de proponer medidas de prevención y control; así como cuantificar el impacto de las medidas de control destinadas a mejorar y preservar el bienestar físico, psíquico y sociocultural del trabajador (7, 8) mediante estudios de vigilancia y seguimiento

En Maracaibo, el estudio sobre el efecto de la exposición ocupacional por plomo no ha alcanzado la relevancia que tiene en países desarrollados. La exposición repetida y prolongada al riesgo produce efectos neuropsicológicos, reproductivos y renales de naturaleza irreversible. Se hace necesario determinar la frecuencia con la cual ocurre la patología asociada al riesgo y establecer asociación causal, mediante diseños apropiados de investigación y metodología estadística de análisis a fin de obtener una descripción de la problemática y conocimiento exacto de los factores involucrados, que permitan proponer medidas preventivas, de control y vigilancia epidemiológica.

Esta investigación pretende estructurar las bases de un diagnóstico situacional de la alteración a la salud por exposición ocupacional al plomo inorgánico, la cual será el punto de partida para la planificación, ejecución, evaluación, análisis y reformulación de medidas estratégicas de prevención en salud, mediante la utilización de métodos de evaluación médico-ocupacionales y epidemiológicos de cuantificación y seguimiento periódico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de las unidades de producción de Maracaibo (talleres, empresas, industrias, etc.), en cuya labor existen factores de riesgo de plomo inorgánico. Se consideró el tipo de unidad productiva, el procesamiento, usos del plomo, y el producto final, su clasificación, distribución geográfica, número de trabajadores, políticas de producción y demás parámetros que permitieran homogeneizar los tipos seleccionados.

Se estudió una muestra representativa de trabajadores del sexo masculino, en tres tipos de ocupación, escogidos al azar en cada una de ellas, mediante el uso de números aleatorios generados por computadora.

Los trabajadores estudiados pertenecieron a las siguientes ocupaciones: 40 técnicos de la empresa de telecomunicaciones, 22 mecánicos de radiadores de automóviles y 11 reparadores de acumuladores eléctricos. Todos utilizan el plomo inorgánico en sus labores habituales, durante las cuales el metal o sus mezclas se funden en un momento determinado del proceso.

Se seleccionó un grupo control constituido por 73 personas, con características similares, descartando exposición ocupacional previa o actual al plomo inorgánico. Se consideraron posibles factores de sesgo por contaminación ambiental comunitaria (no ocupacional). Dicha población se obtuvo de los pacientes

que acuden a solicitar el Certificado de Salud.

A cada sujeto se le elaboró una historia clínica, y se tomó una muestra de sangre de 5 ml con tubos heparinizados, para la determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Un ml de sangre de cada muestra se digirió con calor y ácido nítrico, y se estimó el plomo por el procedimiento de adición del estándar, utilizando el método No. P&CAM 214 del Manual de Métodos Analíticos del Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH) (11).

Se practicó monitoreo ambiental en cada una de las unidades productivas, realizando tres determinaciones en los ambientes de trabajo y durante la jornada laboral, para obtener una concentración promedio. En las unidades productivas dedicadas a las labores de telecomunicaciones y reparación de baterías se recolectaron 18 muestras y en la de reparación de radiadores de automóviles 15 muestras; utilizando equipo de muestreo personal portátil, consistente en bombas de muestreo Fixt-Flo Modelo 1, y equipo de calibración manual, de la Mine Safety Appliances Company (MSA). Las muestras ambientales fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, previa mineralización de las mismas con ácido nítrico, utilizando el método No. P&CAM 214, Air, del Manual de Métodos Analíticos de la NIOSH (3, 11).

El análisis e interpretación de los resultados se realizó mediante el uso de un paquete computarizado Dbase III plus y STATGRAPH para la determinación de la estadística descriptiva (medidas de tendencia central y dispersión), análisis de mediciones (diferencias entre medias por pruebas t, z y F), análisis de datos categóricos, análisis de datos en pareja, y métodos multivariados (12).

RESULTADOS

Se estudiaron tres unidades productivas dedicadas a las labores de telecomunicaciones, mecánica de radiadores de automóviles y reparación de acumuladores eléctricos, en cuyas labores habituales existe riesgo por plomo inorgánico. La edad en la población expuesta estuvo comprendida entre 17 y 51 años, y en la población no expuesta ocupacionalmente la edad varió entre 17 y 52 años. La edad promedio de los trabajadores que reparan acumuladores eléctricos fue similar a la de la población no expuesta ($p < 0,01$); mientras que los técnicos en telecomunicaciones tuvieron una edad promedio mayor; en los mecánicos de radiadores de automóviles la edad promedio fue menor que la población no expuesta ($p < 0,01$).

La Tabla I, describe la distribución de las poblaciones por grupos etarios, apreciándose que el mayor número de trabajadores está entre 20 y 39 años de edad.

El promedio de la antigüedad laboral para los trabajadores de telecomunicaciones fue de 10,82 6,70

TABLA I
DISTRIBUCIÓN POR EDAD DEL GRUPO EXPUESTO OCUPACIONALMENTE
AL PLOMO Y NO EXPUESTO EN UNIDADES PRODUCTIVAS DE MARACAIBO,
VENEZUELA

GRUPO	GRUPOS ETARIOS (Años)					
	n	< 20	20-29	30-39	40-49	≥ 50
EXPUESTO:						
Técnicos de telecomunicaciones	40	-	6	18	14	2
Mecánicos de radiadores	22	1	15	5	1	-
Reparadores de acumuladores	11	1	5	4	1	-
NO EXPUESTO	73	3	24	27	17	2

TABLA II
DISTRIBUCIÓN DEL GRUPO EXPUESTO OCUPACIONALMENTE AL PLOMO,
SEGÚN LA ANTIGÜEDAD LABORAL EN UNIDADES PRODUCTIVAS
DE MARACAIBO, VENEZUELA

TRABAJADORES	AÑOS DE ANTIGÜEDAD LABORAL					
	n	< 5	5 - 9	10 - 14	15-19	≥ 20
Telecomunicaciones	40	10	6	14	5	5
Mecánicos de radiadores	22	13	6	1	-	2
Reparadores de acumuladores	11	7	1	3	-	-
TOTAL	73	30	13	18	5	7

años; en los mecánicos de radiadores 5,77 6,28 años y en reparadores de acumuladores, 5,72 4,38 años. La distribución por quinquenios de actividad laboral, se describe en la Tabla II.

Treinta trabajadores (41,09%) tenían menos de 5 años en la ocupación.

Los niveles promedio de plomo en sangre (plumbemia) para las poblaciones expuestas laboralmente estuvieron por encima del valor umbral para trabajadores de la industria de este metal (2) y todos fueron

significativamente mayores que los registrados para la población expuesta ($p < 0,0001$) (Tabla III).

El análisis del monitoreo del medio ambiente laboral se expone en la Tabla IV, en la cual se puede apreciar la variación de las concentraciones promedio según la unidad productiva.

El ANOVA para los modelos de ecuaciones de regresión múltiple para la plumbemia y las variables independientes estudiadas (antigüedad laboral y concentraciones ambientales de plomo) para cada uno

TABLA III
PLUMBEMIA EN LOS GRUPOS EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO Y
NO EXPUESTO EN UNIDADES PRODUCTIVA DE MARACAIBO, VENEZUELA

GRUPO	n	PLUMBEMIA ($\mu\text{g/dl}$)*
EXPUESTO		
Técnicos telecomunicaciones	40	40,10 $\pm$ 14,79
Mecánicos radiadores	22	37,40 $\pm$ 12,10
Reparadores acumuladores	11	45,77 $\pm$ 14,17
NO EXPUESTO	73	16,75 $\pm$ 8,58

(*): Promedio D.E. n = Número de la muestra. D.E. = Desviación Estándar. Valor Umbral Vigente en Venezuela (COVENIN): 30 $\mu\text{g/dl}$

TABLA IV
CONCENTRACIONES AMBIENTALES DE PLOMO EN UNIDADES PRODUCTIVAS
DE MARACAIBO, VENEZUELA

UNIDAD PRODUCTIVA	N	CONCENTRACIONES AMBIENTALES (*) (mg/m^3)
Telecomunicaciones	18	0,20 $\pm$ 0,11
Taller radiadores	18	0,12 $\pm$ 0,09
Reparación acumuladores	18	0,24 $\pm$ 0,12

N = Número de muestreos ambientales. (*) = Promedio D.E.

de los tipos de labor desempeñada por la población expuesta, determinó que la plumbemia se incrementa con la antigüedad laboral y la exposición ambiental de los mecánicos de radiadores y reparadores de baterías ($p < 0,001$), lo cual no ocurrió en los trabajadores de telecomunicaciones ($p < 0,796$).

Los hallazgos clínicos registrados mediante la historia médico ocupacional y el examen clínico se describen en la Tabla V. Las parestesias, insomnio e irritabilidad fueron las tres principales manifestaciones clínicas registradas. Cuatro de once trabajadores (36,36%) encargados de reparar baterías, y diez

de cuarenta de los técnicos en telecomunicaciones (25%), presentaron síntomas clínicos inespecíficos. La población no expuesta laboralmente no manifestó síntomas y signos de enfermedad y de antecedentes patológicos u ocupacionales relacionados a factores de riesgo por plomo.

Los trabajadores de las unidades productivas objeto de estudio, no presentan ni mantienen una adecuada observancia de las normas higiénicas más elementales, de protección personal y seguridad industrial, información que se obtuvo por interrogatorio y por inspección del área de trabajo.

TABLA V
SÍNTOMAS Y SIGNOS CLÍNICOS EN TRABAJADORES EXPUESTOS A PLOMO
SEGÚN LABOR REALIZADA EN UNIDADES PRODUCTIVAS
DE MARACAIBO, VENEZUELA

SÍNTOMAS Y SIGNOS	TÉCNICOS TELE- COMUNICACION		MECÁNICOS RADIADORES		REPARADORES DE BATERÍAS	
	N	%	N	%	N	%
Insomnio	3	30,0	1	33,3	1	25,0
Parestesias en:						
Miembros inferiores	-	-	1	33,3	-	-
Miembros superiores	2	20,0	-	-	1	25,0
Irritabilidad	1	10,0	1	33,3	-	-
Debilidad	1	10,0	-	-	1	25,0
Artralgias	2	20,0	-	-	-	-
Anemia	1	10,0	-	-	1	-
TOTAL	10	100,0	3	100,0	4	100,00

Fuente: Historia Médico Ocupacional.

DISCUSIÓN

El uso fundamental que ha de hacerse con los valores de plomo sanguíneo debe ser exclusivamente para el control de la exposición del metal. El estudio de la plumbemia en trabajadores sometidos a exposiciones de orden diverso, puede mostrar una diferencia significativa como para poner en evidencia hasta que punto influye el grado de exposición.

Los valores promedio de la plumbemia en las poblaciones expuestas ocupacionalmente fueron significativamente mayores que los registrados en la población no expuesta ($p < 0,0001$), y están por encima del valor umbral (13, 14). En los técnicos en telecomunicaciones y reparadores de acumuladores eléc-

tricos, la plumbemia promedio se encontró por encima del límite superior, lo cual puede corresponder a un elevado grado de absorción, que hace necesario establecer medidas de control y vigilancia. Los mecánicos de radiadores tuvieron niveles de plomo por debajo del nivel máximo, pero con cifras que permiten sugerir una absorción moderada del metal. Todos los valores promedio de plumbemia se encontraron por debajo de los niveles críticos de plomo en muestras biológicas de trabajadores expuestos ocupacionalmente (2). Es necesario establecer que estas consideraciones son esencialmente indicativas, y que su interpretación debe correlacionarse con la clínica, conocimiento completo del medio ambiente laboral y de los métodos de trabajo.

Los valores promedio de plomo en sangre de la población no expuesta ocupacionalmente al riesgo, se encontraron por debajo del valor umbral (13, 14). Sin embargo, estas cifras pueden ser atribuidas a contaminación ambiental general o comunitaria, donde los alimentos y el parque automotor pueden constituir las principales fuentes de contaminación, ya que el plomo no es componente normal del organismo (1,2,4, 9).

El promedio de las concentraciones ambientales laborales de plomo en el aire de las unidades productivas dedicadas a telecomunicaciones y reparación de acumuladores estuvo por encima del valor promedio ponderado en el tiempo ($0,15 \text{ mg Pb/m}^3$) (COVENIN 2253-90) (14), mientras que en los talleres de reparación y reconstrucción de radiadores estuvo por debajo, lo cual pudiera ser atribuido a diferentes métodos de trabajo, condiciones climáticas del medio ambiente laboral y saneamiento básico.

En las unidades productivas dedicadas a labores de reparación y reconstrucción de radiadores y de baterías, la correlación entre plumbemia y las concentraciones ambientales de plomo, aunadas al tiempo de exposición, antigüedad laboral, hallazgos clínicos y pruebas de efecto biológico, constituyen una base adecuada y aceptable para el seguimiento del estado de salud en el trabajo (1, 2, 3, 4, 9). A pesar de no demostrarse estadísticamente en los trabajadores de telecomunicaciones, la correlación entre estos pará-

metros tiene una aplicabilidad similar. La variabilidad de los resultados pudiera ser atribuida al tamaño de la muestra.

Estudios sobre correlación de plomo ambiental y plumbemia han sugerido que concentraciones ambientales inferiores o iguales a la concentración ambiental permisible no ameritan un control biológico inmediato de los trabajadores ya que el riesgo de intoxicación es pequeño (1, 3). En este estudio los trabajadores de talleres de radiadores de automóviles presentaron una plumbemia superior al valor umbral, sugiriendo niveles de absorción moderados, lo cual pudiera ser atribuida a la falta de observancia de medidas de higiene y seguridad industrial, condiciones climáticas del ambiente y de los métodos de trabajo.

El ANOVA para los modelos de regresión múltiple para la plumbemia de las poblaciones expuestas, reveló que la antigüedad en el trabajo y la concentración de plomo en aire el influyen significativamente en la plumbemia de los mecánicos de radiadores y reparadores de baterías; no ocurrió lo mismo con los trabajadores de telecomunicaciones, quienes a pesar de tener el mayor promedio de antigüedad laboral, su rango es mayor, y los métodos de trabajo y las condiciones climáticas ambientales son diferentes. A ello, se pudo agregar condiciones inherentes al propio trabajador, tales como: estado nutricional, higiene individual, susceptibilidad personal, factores genéticos, entre otros (1,2,4).

Los hallazgos clínicos registrados fueron inespecíficos. No obstante, sirven como punto de partida para orientar investigaciones más específicas (neurotoxicidad por plomo), y establecer medidas de control y vigilancia de salud para el trabajo.

La falta de observancia de las normas de higiene, protección personal y seguridad industrial, determinan la necesidad de establecer programas de educación en salud para los trabajadores, tendentes a la concientización de los factores de riesgo, implementación de medidas de prevención y control, y realización de estudios epidemiológicos de seguimiento.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Tecnológico, CONICIT, Venezuela por el apoyo financiero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROM W.: Environmental and Occupational Medicine. Little, Brown and Company, First Edition.: Boston, U.S.A., 1994. 433-447
2. CRAIGHEAD J.E.: Pathology of Environmental and Occupational Disease. Mosby-Year Book, Inc.; USA, 1995
3. GONZÁLEZ E., DÍAZ M., DE ARANA J.: Consideraciones para la Evaluación Fiable de la Intoxicación Laboral por Plomo Inorgánico. Medicina y Seguridad para el Trabajo. 1982, Tomo XXX. No. 120 232-247.
4. CORZO G.: Enfermedades Profesionales por Agentes Químicos: Patología por Plomo. Guía de estudio. Cátedra de Medicina e Higiene Industrial. Facultad de Medicina. Universidad del Zulia, Venezuela, 1992
5. FANNING D. A.: Mortality Study of Lead Workers. 1926 - 1985. Arch Environ Health 1988; 43:247-251.
6. Federación Médica Venezolana. Intoxicaciones Plúmbicas. XXXV Reunión Ordinaria de la Asamblea. Tema Oficial: Salud y trabajo: 46-50, 1980.
7. GALVAO L., COREY G.: Plomo. Serie Vigilancia. ECO/OPS/OMS. México. 1989.
8. GERHARDSSON L., LUNDSTROM N.G., NORDBERG G., WALL S.: Mortality and Lead exposure: A retrospective cohort study of Swedish smelter workers. Br J Ind Med 1986, 43:707-712.
9. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades ocupacionales. Guía para su diagnóstico. Publicación Científica No. 480, Washington, U.S.A. 1986.
10. QUER S., GARCÍA A.: Contaminación por Metales. Medicina y Seguridad en el Trabajo. 1989, Tomo XXXVI; No. 143: 21-27.
11. National Institute for Occupational Safety and Health. Manual of Analytical Methods. U.S. Department of Health, Education, and Welfare. U.S.A, 1992.

-
12. STATGRAPHICS: Statistical Graphics System (Statistical Graphics Corporation), User's Guide, 1986.
 13. COVENIN. Plomo y sus compuestos. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional. Norma Venezolana COVENIN N° 2277-85 (Provisional), 1985
 14. COVENIN. Concentraciones ambientales permisibles en lugares de trabajo. Norma Venezolana COVENIN No. 2253-90, 1990