

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PLOMO EN SANGRE PROVENIENTE DE LA POLICIA DE TRÁNSITO FEMENINA DE LAS UNIDADES CENTRO Y SUR DE LIMA METROPOLITANA

Graciela Arosquipa Aguilar^a, Elvito Villegas Silva^{b*}

RESUMEN

El contenido promedio de plomo en sangre de la policía femenina perteneciente a las Unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana para los años 2005 y 2008 han sido menores al nivel umbral (20 µg Pb/dL) tanto para el personal que laboraba en la vía pública como para el que brindaba servicio en oficina. Sin embargo, existe la posibilidad de riesgo ocupacional por la toxicidad del plomo en cualquier concentración en que se encuentre en el ser humano. Para $p < 0,05$ no hay diferencias significativas entre los contenidos promedio de plomo en sangre para el personal que trabajaba en la vía pública pero en diferentes unidades; situación semejante se presentó con los resultados para el personal que laboraba en oficina, tanto en el año 2005 como en el 2008.

Palabras clave: Plomo, plomo en sangre, plomo atmosférico

DETERMINATION OF LEAD CONTENT IN BLOOD FROM THE FEMALE TRANSIT POLICE WHO BELONG TO THE CENTER AND SOUTH UNITS OF METROPOLITAN LIMA

ABSTRACT

The average content of lead in blood from the female police who belong to the center and south units from Metropolitan Lima in 2005 and 2008 have been below the threshold level (20 µg Pb/dL) for both workers in the street and in offices. Nevertheless, there is the possibility of occupational risk for the toxicity of lead in any concentration in a human being. For $p < 0,05$ there are no significant differences between the average contents of lead in blood for the workers in the streets but in different units; and there was similar situation for the workers in offices, in both years 2005 and 2008.

Key words: Lead, lead in blood, atmospheric lead

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental por plomo es un problema muy antiguo; primero focalizado en el sector laboral y posteriormente en los sectores urbanos y/o rurales por su cercanía a fuentes de emisión antropogénicas (minerías, fundiciones y otras actividades) que utilizan plomo. Una vez que el plomo ingresa a la atmósfera éste puede viajar largas distancias si las partículas de plomo son muy pequeñas. Es removido por la lluvia y por adsorción en material particulado, que cae al suelo o a los ecosistemas acuáticos, aunque esta liberación, no siempre conduce a exposición¹.

^a Ecología y Gestión Ambiental, Escuela de Posgrado, URP

^{b*} Departamento Académico de Química-UNALM.elvito@lamolina.edu.pe

El plomo es el único contaminante clásico del aire que puede ingresar en los seres humanos a través de vías indirectas, no cumple función biológica y no se metaboliza. Se absorbe generando intoxicación aguda y crónica, se transporta por la sangre estableciendo un rápido equilibrio entre eritrocitos y plasma, se distribuye en diversos órganos y tejidos, y se deposita principalmente en los huesos. Afecta a muchos órganos, sistemas y procesos fisiológicos, alterando la biosíntesis del grupo hemo, riñones, sistema cardiovascular, aparato reproductor y sistema nervioso central. La neurotoxicidad del plomo es más crítica para el feto en desarrollo y el niño en crecimiento que para los adultos^{2,3}.

El plomo puede, por otra parte, influir de forma decisiva en el metabolismo del glutatión⁴, pues inhibe la enzima glutatión reductasa, que mantiene un nivel constante de glutatión a expensas de reducir glutatión disulfuro. Por esta razón, se plantea la hipótesis de que la toxicidad del plomo está relacionada con la disminución del sistema de defensa antioxidante celular y la generación de especies reactivas oxigenadas (ROS)^{4,5}. También se producen efectos tóxicos del plomo por la interferencia de éste con los iones divalentes Ca^{2+} , Zn^{2+} y probablemente Fe^{2+} y Mg^{2+} , al interactuar con los centros de coordinación de estos cationes en sus enzimas, restringiendo las funciones de acoplamiento, transcripción o inhibiendo dichas enzimas^{2,6}.

En el presente trabajo se ha determinado el contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina, de las Unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana, para evaluar aspectos de su exposición a este contaminante ambiental.

PARTE EXPERIMENTAL

Población y muestra

La población considerada para el estudio corresponde a un grupo de 650 personas, constituido por el personal de la Policía de tránsito femenina que presta servicios en las Unidades Centro (distritos: Lima Cercado, Breña y San Miguel) y Sur (distritos: La Victoria, San Juan de Miraflores, Chorrillos, San Borja y Surquillo) de Lima–Metropolitana, seleccionándose a 200 personas que tenían como mínimo cuatro años de servicio activo. De las 200 personas seleccionadas, 100 personas pertenecían a la Unidad Centro (UC) y 100 a la Unidad Sur (US). De las 100 personas seleccionadas en cada unidad, solamente accedieron voluntariamente a la toma de muestras 30 personas de cada unidad (25 que trabajan en la vía pública y 5 que trabajan en oficina). Se tomó 30 muestras de sangre de la policía de tránsito femenina perteneciente a la UC y 30 de la policía de tránsito femenina perteneciente a la US.

Obtención de las muestras de sangre

Las muestras de sangre fueron tomadas de 60 efectivos policiales (edad entre 20 y 36 años), por personal de Sanidad de la Policía Nacional del Perú. Se obtuvo las muestras en dos momentos diferentes, el primero en el mes de julio de 2005 y el segundo en el mes de octubre de 2008.

Para la toma de muestras de sangre venosa se procedió de acuerdo a las recomendaciones del Environmental Health Criteria⁷.

Preparación de reactivos

Disolución diluyente: formada por fosfato de amonio al 0,2 % (p/v) y Tritón X–100 (octal–fenoxi–polietoxietanol) al 0,1 % (p/v).

Disolución de enjuague: formada por Tritón X–100 al 0,1 % (p/v).

Disolución para el reactivo en blanco: formado por ácido nítrico al 1 % (v/v).

Estándares de plomo de 100; 50; 25; 10; 5 y 2,5 µg/dL.

Preparación de la muestra de sangre

La muestra fue preparada adicionando una disolución de Tritón X-100 y APODEC (amonio pirrolidín ditio carbamato) al 2,5 % para quelar al plomo; el complejo formado fue extraído con el solvente MIBX (metil isobutil cetona). Se utilizó 100 μL de la muestra de sangre preparada y 900 μL de la disolución diluyente.

Cuantificación del plomo en las muestras de sangre

La cuantificación se realizó por espectrofotometría de absorción atómica. Se realizó la lectura de las muestras a una longitud de onda de 283,31 nm.

Equipo: Espectrofotómetro de Absorción Atómica GBC modelo PMAVANTA serie A-6752.

Rango óptimo de trabajo: 5 a 120 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de sangre

Sensibilidad: 0,05 $\mu\text{g Pb}/\text{mL}$ de disolución saturada de MIBX para 1,0 % de absorción.

Límite de detección: 0,05 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$ de sangre

Análisis estadístico

Se aplicó una comparación de medianas de la concentración de plomo en las muestras de sangre utilizando la prueba t de Student, con un test posterior de la prueba U de Mann Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Primer período: año-2005.****Personal policial que trabajaba en la vía pública**

Los resultados de la concentración de plomo en las muestras de sangre del personal de la policía de tránsito femenina de la UC dieron un valor promedio de 19 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$, el que representó el 95% del nivel umbral, siendo superior al valor promedio obtenido en la US que fue de 18 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$ y que representó el 90% del nivel umbral. Ambos resultados fueron menores aunque cercanos al valor de 20 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$, establecido como nivel umbral⁸.

No obstante que la concentración promedio de plomo en sangre fue ligeramente mayor en el personal de la UC, la variabilidad fue alta y semejante en ambas unidades (4 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$). La concentración promedio de plomo en sangre estuvo comprendida en un intervalo de 15 a 23 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$ en la UC, mientras que en la US el intervalo fue de 14 a 22 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$ (tabla 1).

Tabla 1. Concentración de plomo en sangre del personal que trabajaba en la vía pública

Variable	Plomo ($\mu\text{g}/\text{dL}$) Año - 2005	
	Unidad Centro	Unidad Sur
Número	25	25
Media	19	18
Desviación estándar	4	4
Mínimo	12	12
Máximo	26	29
Intervalo	15 a 23	14 a 22

Para un valor $p < 0,05$ no hay diferencias significativas en la concentración promedio de plomo en sangre, entre el personal de la policía de tránsito femenina de la UC y US de Lima Metropolitana, que trabajaba en la vía pública.

Personal policial que trabajaba en oficina

El valor promedio de la concentración de plomo en sangre del personal de la policía de tránsito femenina de la UC fue 10 $\mu\text{g Pb/dL}$ lo que representó el 50% del nivel umbral, siendo este porcentaje mayor al determinado en la US que fue de 9 $\mu\text{g Pb/dL}$ en promedio, valor que representó el 45% del nivel umbral. Respecto a la variabilidad de los resultados, la US presentó una mayor variabilidad ($s = 0,7 \mu\text{g Pb/dL}$) que la UC ($s = 0,4 \mu\text{g Pb/dL}$). En este caso, los intervalos para la concentración promedio de plomo en sangre fueron de 9,6 a 10 $\mu\text{g Pb/dL}$ en la UC y de 8,3 a 10 $\mu\text{g Pb/dL}$ en la US, como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. Concentración de plomo en sangre del personal que trabajaba en oficina

Variable	Plomo ($\mu\text{g/dL}$) Año - 2005	
Lugar	Unidad Centro	Unidad Sur
Número	5	5
Media	10	9
Desviación estándar	0,4	0,7
Mínimo	9,5	8,3
Máximo	10	10
Intervalo	9,6 a 10	8,3 a 10

Para un valor $p < 0,05$ no hay diferencias significativas en la concentración promedio de plomo en sangre, entre el personal de la policía de tránsito femenina de la UC y US de Lima Metropolitana, que trabajaba en oficina.

Considerando que el contenido promedio de plomo en sangre fue de 19 $\mu\text{g Pb/dL}$ para el personal de la policía de tránsito femenina de la UC que trabajaba en la vía pública y aquél del personal de la misma Unidad que trabajaba en oficina de 10 $\mu\text{g Pb/dL}$, entonces la concentración de plomo en el personal que trabajaba en la vía pública fue casi el doble que aquél del personal de la misma Unidad que trabajaba en oficina.

Situación semejante se presenta en el personal de la policía de tránsito femenina de la US que trabajaba en la vía pública, con un contenido promedio de plomo en la sangre (18 $\mu\text{g Pb/dL}$) que representa el doble del contenido que el del personal de la misma Unidad que trabajaba en oficina (9 $\mu\text{g Pb/dL}$).

Segundo período: año–2008.

Personal policial que trabajaba en la vía pública

La concentración promedio de plomo en sangre obtenido para el personal de la policía de tránsito femenina de la UC fue de 18 $\mu\text{g Pb/dL}$, valor que representa el 90% del nivel umbral y es mayor al valor obtenido en la US que fue 16 $\mu\text{g Pb/dL}$ en promedio, representando el 80% del nivel umbral. En estas determinaciones se presentó una variabilidad semejante en la UC y US ($s = 3 \mu\text{g Pb/dL}$). Los intervalos de concentración de plomo en sangre fueron entre 15 y 21 $\mu\text{g Pb/dL}$ para la UC, y entre 13 a 19 $\mu\text{g Pb/dL}$ en la US (tabla 3).

Tabla 3. Concentración de plomo en sangre del personal que trabajaban en la vía pública

Variable	Plomo (\hat{i} g/dL) Año - 2008	
	Unidad Centro	Unidad Sur
Número	25	25
Media	18	16
Desviación estándar	3	3
Mínimo	11,4	9,3
Máximo	22,5	22,7
Intervalo	15 a 21	13 a 19

Las concentraciones promedio de plomo en sangre, entre el personal de la policía de tránsito femenina de la UC y US de Lima Metropolitana que trabajaban en la vía pública no muestran diferencias significativas a un valor $p < 0,05$.

Personal policial que trabajaba en oficina

Los resultados de la concentración promedio de plomo en sangre del personal de la policía de tránsito femenina de la UC fue de $9 \mu\text{g Pb/dL}$, representando 45% del nivel umbral. Dicho valor es menor al determinado en la US que fue de $10 \mu\text{g Pb/dL}$ (50% del nivel umbral). La variabilidad en los resultados de la US ($s = 1,0 \mu\text{g Pb/dL}$) con respecto a la UC ($s = 0,9 \mu\text{g Pb/dL}$) fue similar. Los intervalos para la concentración promedio de plomo en sangre han sido de $8,1$ a $10 \mu\text{g Pb/dL}$ en la UC y de $8,7$ a $11 \mu\text{g Pb/dL}$ en la US (tabla 4).

Tabla 4. Concentración de plomo en sangre del personal que trabajaba en oficina

Variable	Plomo (\hat{i} g/dL) Año - 2008	
	Unidad Centro	Unidad Sur
Número	5	5
Media	9	10
Desviación estándar	0,9	1,0
Mínimo	8,3	8,3
Máximo	10,2	11,2
Intervalo	8,1 a 10	9 a 11

Los valores promedio de la concentración de plomo en sangre, entre el personal de la policía de tránsito femenina de las Unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana que trabajaban en oficina no muestran diferencias significativas a un valor $p < 0,05$.

Como el contenido promedio de plomo en sangre fue de $18 \mu\text{g Pb/dL}$ para el personal de la policía de tránsito femenina de la UC que trabajaba en la vía pública y aquél del personal de la misma Unidad que trabajaba en oficina de $9 \mu\text{g Pb/dL}$, entonces la concentración de plomo en la sangre del personal que trabajaba en la vía pública es el doble que el del personal que trabajaba en la oficina. Mientras para la US, el contenido promedio de plomo en sangre fue de $16 \mu\text{g Pb/dL}$ para el personal de la policía de tránsito femenina que laboraba en la vía pública y de $10 \mu\text{g Pb/dL}$ para el personal de la misma Unidad que trabajaba en oficina, observándose que el personal que trabajaba en la vía pública tenía un contenido promedio de plomo en la sangre 60% mayor al encontrado en el personal que trabajaba en oficina.

Evaluación de los resultados del año 2005 con los del año 2008:

El personal de la policía de tránsito femenina de la UC que trabajaba en la vía pública experimentó una disminución de 5% en el valor promedio de la concentración de plomo en sangre del año 2005 (19 $\mu\text{g Pb/dL}$) respecto al resultado del año 2008 (18 $\mu\text{g Pb/dL}$). Para el personal policial de la misma Unidad que trabajaba en oficina también se observó una disminución del 10% en el valor promedio de la concentración del plomo en sangre del año 2005 (10 $\mu\text{g Pb/dL}$ en promedio) frente al resultado del año 2008 (9 $\mu\text{g Pb/dL}$).

Respecto al personal de la policía de tránsito de la US que trabajaba en la vía pública, el valor promedio de la concentración de plomo en sangre experimentó una disminución de 11% del año 2005 (18 $\mu\text{g Pb/dL}$) respecto al resultado del año 2008 (16 $\mu\text{g Pb/dL}$). Mientras que para el personal policial de la misma Unidad que trabajaba en oficina se observó un incremento de 10% de la concentración del plomo en sangre del año 2005 (9 $\mu\text{g Pb/dL}$) frente al resultado del año 2008 (10 $\mu\text{g Pb/dL}$).

El contenido de plomo en sangre para el personal de la policía de tránsito femenina, comprendido entre 20 y 36 años, que trabajaba en la vía pública ha disminuido entre el año 2005 y 2008, tendencia que también se ha observado en los reportes del contenido de plomo en el aire de Lima Metropolitana, suministrados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, donde se establece un nivel de 0,2 $\mu\text{g Pb/m}^3$ de aire en Lima Centro y de 0,1 $\mu\text{g Pb/m}^3$ en Lima Sur, en el año 2005; valores que fueron coincidentes para el año 2007 (no se determinó plomo en aire en el año 2008)⁹.

Aunque las concentraciones de plomo en sangre, encontradas en el personal de la policía de tránsito femenina que laboraba en la vía pública, no excede el nivel umbral para la UC ni para la US, se ha podido establecer que existiendo la disposición de la eliminación de plomo en gasolina desde el año 2005, el descenso de la concentración de plomo en sangre del personal que se encuentra expuesto al tránsito vehicular entre el 2005 y 2008 ha sido solamente entre 5 y 11%, respectivamente.

En el caso del personal que trabajaba en oficina, la situación ha sido diferente, habiéndose reportado inclusive un aumento en la concentración de plomo en sangre para la US, del orden del 10% y una disminución de 10% en el personal de la UC, en el lapso de dos años.

De acuerdo a los resultados del análisis de plomo en sangre del personal de la policía de tránsito femenina de la UC y US de Lima Metropolitana, se ha encontrado que no existe diferencia significativa entre los valores de plomo obtenidos en la UC y US, tanto para el año 2005 como para el 2008, en el caso de la policía que trabajaba en la vía pública, lo que indica un nivel semejante de exposición, posiblemente al inhalar aire que contiene partículas de plomo, provenientes de la industrias de manufactura, fundiciones, incineración de residuos sólidos e incluso del humo de cigarrillos. Por otro lado, no obstante que los valores encontrados no exceden el valor umbral, se debe considerar que el plomo es tóxico en cualquier concentración que se encuentre en el ser humano, tiene gran capacidad para generar radicales libres que desencadenan daño celular, manifestándose en agotamiento o inhibición de la actividad enzimática, daño en la bicapa lipídica y ADN, induciendo una amplia gama de disfunciones fisiológicas, bioquímicas y de comportamiento^{2,10,11}.

CONCLUSIONES

En el año 2005, el contenido promedio de plomo en sangre para la policía de tránsito femenina, fue casi el doble para el personal que trabajaba en la vía pública respecto a los valores obtenidos en el personal que laboraba en oficina.

En el año 2008, el contenido promedio de plomo en sangre, para el personal de la policía de tránsito femenina que trabajaba en la vía pública corresponden al doble y 60% mayor a los contenidos promedio de plomo obtenidos por el personal que laboraba en oficina.

Los valores del contenido promedio de plomo en sangre para el personal que laboraba en la vía pública disminuyeron en el año 2008 respecto al año 2005, mientras que para el personal que trabajaba en oficina, los valores obtenidos disminuyeron en 11% (UC) y aumentaron en 10% (US).

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la policía de tránsito femenina de las Unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana por su colaboración facilitando las muestras de sangre y al Departamento de Ingeniería Forense de la Dirección Nacional de Criminalística de la Policía Nacional del Perú, por haber permitido utilizar el laboratorio para realizar el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Plomo. División de Toxicología y Medio Ambiente. Departamento de salud y Servicios Humanos de USA, Servicios de Salud Pública. ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). National Technical Information Service. Springfield, Virginia. 2007.
2. Godwin, H. The biological chemistry of lead. *Current Opinion in Chemical Biology*. 2001; 5: 223–227.
3. Nevin, R. Trends in Preschool Lead Exposure, Mental Retardation, and Scholastic Achievement: Association or Causation? *Environmental Research*. 2009; 109: 301–310.
4. Gurer, H.; Ozgunes, H.; Saygin, E.; Ercal, N. Antioxidant effect of taurine against lead-induced oxidative stress. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2001; 41(4), 397–402.
5. Juberg, D.; Kleiman, C.; Kwon, S. Position Paper of the American Council on Science and Health: Lead and Human Health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1997; 38: 162–180.
6. Lidsky, T.; Schneider, J. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain*. 2003; 126: 5–19.
7. WHO (World Health Organization). ECH 165: Inorganic Lead. Identity, physical and chemical properties, and analytical methods. Geneva. 1995.
8. OMS (Organismo Mundial de la Salud). Límites de exposición profesional a los metales pesados que se recomienda por razones de salud. Informe Técnico N° 647: 39–85. Ginebra. 1980.
9. DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). Resultados de la vigilancia sanitaria de la calidad del aire (Contaminante: Plomo): Comportamiento del plomo en Lima y Callao (2000–2007). Ministerio de Salud. Lima.
10. Flora, S.; Mittal, M.; Mehta, A. Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. *Indian Journal of Medical Research*. 2008; 128: 501–523
11. Gonzales-Estrecha, M.; Trasobares, E.; Fuentes, M.; Martínez, M.; Cano, S.; Vergara, N.; Gaspar, M.; Gonzáles-Revaldería, J.; Barciela, M.; Bugarín, Z.; Fernández, M.; Badía, P.; Pintos, C.; Gonzáles, M.; Guillén, J.; Bermejo, P.; Fernández, C.; Arroyo, M. Blood lead and cadmium levels in a six hospital employee population. PESA study, 2009. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2010; 25284: 01–08.