

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**DETERMINACIÓN DE PLOMO EN SANGRE DEL PERSONAL QUE LABORA EN ÁREA DE RAYOS X
EN HOSPITALES NACIONALES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**



Informe de Tesis

Presentado por:

Marilyn Gabriela Castillo Mauricio

Para optar al título de:

Química Farmacéutica

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cobar Pinto, Ph.D	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A	Secretario
Licda. Lilian Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. Fayver Manuel de León Mayorga	Vocal IV
Br. Maily Graciela Córdoba Audón	Vocal V

DEDICATORIA

- A Dios:** Mi Padre Celestial, infinitas gracias por ser mi guía, llenarme bendiciones a lo largo de mi vida y haberme permitido cumplir este logro.
- A La Virgen María** Por tu intercesión en mi vida y tu dulce amor.
- A mis Padres:** Romeo Baldomero Castillo Ríos y Leticia Marilú Mauricio de Castillo, por ser el instrumento de Dios. Gracias por sus consejos, sus sacrificios y desvelos. Son mi mayor fuente de admiración e inspiración, mi luz y pilar de fortaleza en todos los momentos de mi vida. Este logro no es mío, es nuestro. Los amo infinitamente.
- A mis Hermanos** Ana Cecilia Castillo Mauricio y Danilo Romeo Castillo Mauricio, por su apoyo incondicional, su cariño e inspirarme para ser mejor persona. Los amo.
- A mis abuelos** Leticia Alvarado de Mauricio, Jesús Mauricio (Q.E.P.D.), Romeo Castillo Solares (Q.E.P.D) y Olga de Castillo (Q.E.P.D.), por ser el pilar de la familia y por su legado de amor.
- A mis Tíos (as)** Por su apoyo incondicional y motivación, en especial a Aura Castillo, Olga Castillo y Gaby Castillo; todo mi agradecimiento por sus consejos y apoyo desde muy pequeña, son una gran bendición en mi vida.
- A mis primos (as)** Por su apoyo en cada momento.
- A mi Novio** Jorge Augusto Samayoa Mazariegos, por darme ánimos y alegrar cada día, gracias por apoyarme en todo momento, por tu amor y creer en mí. Eres una gran bendición en mi vida, te amo con todo mi corazón.
- A mi sobrino** Nicolás Castillo Butcher, el más pequeñito de la familia, y que sin duda alguna ilumina mis días con su sonrisa.
- A mi cuñada** Jennifer Butcher de Castillo, por todo su apoyo y motivación.
- A mis amigos (as)** Bea, Mynor, Ana Villagrán, Ana Verónica, Astrid, José Jerez, Quiroa, y todos aquellos que hicieron de este camino el mejor, por compartir las alegrías y desvelos, ya que con su apoyo, su compañía, su frases de aliento y motivación, en las diferentes etapas de mi vida, pude llegar a esta meta, su amistad para mí es invaluable, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad San Carlos de Guatemala**, por ser la casa de estudios que me brindó los conocimientos profesionales académicos durante toda la carrera.

A la **Facultad Ciencias Químicas y Farmacia**, por permitirme formar académicamente y personalmente durante toda la carrera y a los catedráticos que han sido parte de mi formación.

A **Licda. Carolina Guzmán Quilo**, por su asesoría, cariño y todo su apoyo durante el proceso de realización del trabajo de tesis y durante mi práctica profesional supervisada EPS.

A **Licda. Magda de Baldetti**, por todo su cariño y apoyo en la revisión del trabajo de tesis y durante mi práctica profesional supervisada EPS.

Al **Departamento de Toxicología**. Licda. Fabiola de Micheo, Licda. Carmen Samayoa, Licda. Mayté de Recinos, y todo el personal del Departamento, con quienes tuve la valiosa oportunidad de convivir, gracias por todo su apoyo, y muestras de cariño. Cada uno ocupa un lugar muy especial en mi corazón.

A los **Hospitales Nacionales** que formaron parte del estudio, por su colaboración activa en la toma de las muestras y desarrollo del estudio.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la elaboración de mi trabajo de tesis.

INDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Antecedentes	
3.1 Estudios realizados a nivel internacional	3
3.2 Estudios realizados en Guatemala	4
4. Justificación	6
5. Objetivos	7
6. Hipótesis	8
7. Material y métodos	
7.1. Población	9
7.2. Materiales	9
7.3. Métodos	10
7.4. Diseño de la investigación	13
7.4.2. Análisis de datos	14
8. Resultados	15
9. Discusión	20
10. Conclusiones	23
11. Recomendaciones	24
12. Referencias	25
13. Anexos	
13.1 Anexo No. 1 "Toxicología del plomo"	28
13.2 Anexo No. 2 "Boleta de consentimiento informado para la recolección de muestras de sangre"	42
13.3 Anexo No. 3 Cuestionario al trabajador.	43
13.4 Anexo No. 4 Trifoliar informativo sobre Plomo, riesgos y efectos en la salud, Importancia de la seguridad radiológica".	44
Parte interna, trifoliar	45
Parte externa, trifoliar	46

1. RESUMEN

La intoxicación por plomo de carácter ocupacional es actualmente un problema de salud pública, debiendo tomar en cuenta un enfoque sobre el cuadro clínico de intoxicación por este metal, en personal expuesto al mismo, por razón de su actividad profesional.

La presente investigación se generó con el objetivo de evaluar el nivel de exposición a plomo en el personal que labora en centros de diagnóstico, específicamente en rayos X, de tres hospitales nacionales de la ciudad de Guatemala. Para ello se realizó la medición de los niveles de concentración de plomo en sangre de 26 personas, con la previa firma de su consentimiento informado y el cuestionario al trabajador. Los niveles de plomo en sangre se determinaron por medio de método electroquímico.

Se evaluó la condición del equipo de protección que utilizan los trabajadores, así como también el área donde realizan su trabajo; con el fin de obtener mayor información sobre las posibles fuentes de exposición al metal. Se observó que el personal utiliza su equipo de protección contra la radiación, primordialmente la bata a base de plomo.

Dentro de los resultados obtenidos, todas las muestras analizadas presentaron un valor de plomo en sangre por debajo de 40ug Pb/dL, el cual es el parámetro establecido por la Administración para la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) para las personas laboralmente expuestas al plomo. Los resultados indican que las personas laboralmente expuestas al metal no presentan niveles por encima de los permitidos de plomo en sangre, a pesar de utilizar parte del equipo de protección a la radiación que consiste en una bata de plomo.

2. INTRODUCCIÓN

El plomo es un metal grisáceo, maleable y dúctil. Estas condiciones han hecho que este metal haya sido utilizado por el hombre desde la antigüedad. Hipócrates en el siglo V antes de Cristo describe el cólico saturnino como síntoma de la toxicidad del plomo. Hay también referencias a la intoxicación por el plomo en el antiguo Egipto, 4.000 años antes de la Era Cristiana.

Su amplio uso en el mundo industrial lo convierte en uno de los contaminantes más importantes causante de una variedad de efectos tóxicos en el organismo entre ellos puede llegar a dañar los nervios, estomago, intestinos, riñones, funciones reproductivas y glóbulos rojos. Por lo tanto las personas expuestas ocupacionalmente al plomo, tienen el riesgo de contraer problemas de salud a largo plazo ya que son los que se encuentran en múltiples exposiciones.

Es utilizado en la manufactura de baterías de almacenamiento, industrias químicas y de la construcción, blindaje radiológico; donde se utiliza para proteger tanto las instalaciones donde se realizan exámenes de diagnóstico mediante rayos X, como también para proteger al personal expuesto a nivel laboral a radiación, por medio de guantes, lentes y gabachas que contienen plomo.

La intoxicación por plomo de carácter ocupacional es actualmente un problema de salud pública, debiendo tomar en cuenta un enfoque sobre el cuadro clínico de intoxicación por este metal, en personal expuesto al mismo, por razón de su actividad profesional.

En el presente estudio, se toma en consideración a hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala que en sus centros de diagnóstico de rayos X, el personal se protege contra la radiación utilizando implementos a base de plomo.

3. ANTECEDENTES

3.1 Estudios realizados a nivel internacional

- 3.1.1 Espinal, G y Rodríguez, A (2008), realizaron un estudio llamado **“Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2-10 años en el Barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana”**. Se realizó un estudio descriptivo transversal donde se encontró que el 36% de los niños estudiados tenían niveles elevados de plomo; el valor mínimo encontrado fue de 1.4 ug/dL y el valor máximo 61.9ug/dL muy por encima de los valores permisibles. Con relación a la ocupación de los padres de los escolares, el 19% trabaja en talleres de mecánica y lugares de riesgo como gasolineras, taller de desbulladora, fábrica de pinturas entre otros. Al concluir el estudio se determinó que según el área de influencia de las fuentes de emisión identificadas se consideró que la población expuesta en el barrio era la población en general. (Espinal y otros 2008).
- 3.1.2 Ibarra, E., Mugica, J., Gonzales, R., Novas, J. (2007) realizaron el estudio **“Valores de referencia de la concentración de plomo en sangre en la población en edad laboral de la Ciudad de la Habana”**. El objetivo de la investigación fue determinar los valores de la concentración de plomo en sangre, su extensión, distribución y determinantes principales. La muestra del estudio estuvo compuesta por 259 personas sanas de 17 a 60 años de edad, sin exposición conocida de plomo. La concentración promedio en hombres fue de 0.6 ug/dL y en mujeres de 0.5 ug/dL. Los niveles encontrados de plomo en sangre en la población general de la ciudad de La Habana fueron comparables, y en muchos casos hasta inferiores, a los de otros estudios en ciudades importantes de países en desarrollo.
- 3.1.3 Brito, C y otros (2005), desarrollaron el estudio denominado **“Contenido de Plomo y Manganeso en despachadores de gasolina”**, el objetivo del mismo fue determinar los niveles sanguíneos de plomo y magnesio del personal que labora en una gasolinera. Se llevó a cabo un estudio transversal que incluyó a 45 despachadores de gasolina de seis expendios de Acapulco, México. Los hallazgos más sobresalientes de este estudio fueron la detección de valores de plomo superiores a 10ug/dL en diez casos de mujeres, mientras que en

hombres solo un caso fue mayor a 25ug/dL. Se llegó a la conclusión que los niveles sanguíneos para el plomo se encontraron en los intervalos esperados de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana EM-004-SSA1 1999. El 45% de las mujeres se considera en los niveles de riesgo reproductivo, en el caso de los hombres solo uno fue el que sobresalió del valor permitido. No se presentaron casos con signos o síntomas relacionados con los efectos tóxicos del plomo y manganeso. (Brito, C y otros 2005).

- 3.1.4 Aranguren, F y otros (2003). Realizaron un estudio bajo el título de **“Concentraciones de plomo en sangre y orina de trabajadores en expendios de gasolina. Trujillo-Venezuela”**. El objetivo del mismo es conocer la magnitud de las concentraciones de plomo en sangre y orina del personal que labora en cinco expendios de gasolina de la ciudad. Se tomaron muestras a siete trabajadores, el estudio analítico mostró la existencia de las fuertes cargas de este metal pesado en la sangre y orina de los trabajadores, los niveles se ubican por encima de los valores estándar, considerándose internacionalmente como altamente nocivos para la salud. Se tomaron muestras de sangre y orina a 21 trabajadores. El estudio analítico muestra la existencia de fuertes cargas de este metal pesando en la sangre y orina de los mismos, niveles que se ubican por encima de los valores estándar, considerados internacionalmente como altamente nocivos para la salud. Los valores por individuo varía, unos más que otros, y podría estar influenciados por el tiempo y las condiciones de exposición de los trabajadores al contacto, directo o indirecto, con la gasolina con plomo y por otras variables. (Aranguren, F y otros 2003).

3.2 Estudios realizados en Guatemala

- 3.2.1 Beloso, S. (2011) en el estudio de Tesis Ad Gradum de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, **“Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de Hospitales Privados de la Ciudad de Guatemala”**, la población analizada fue de 17 personas que laboran en dichos centros. Luego

de analizar las muestras los valores de plomo en sangre fueron $<10\mu\text{g Pb/dL}$ sangre, llegando a la conclusión que los niveles de plomo están por debajo de la concentración límite establecidas por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Se determinó en este estudio que los trabajadores no utilizaban el equipo de protección personal. (Belloso, 2011)

- 3.2.2 Massis, E. (1989) en el estudio de Tesis Ad Gradum de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad del Valle de Guatemala, “**Determinación de plomo en sangre humana por reflexión total de Rayos x**”, el objetivo fue la implementación de una técnica para cuantificar plomo en sangre humana. La técnica está basada en el empleo de reflexión total de rayos x. La preparación de la muestra a analizar incluye procesos físicos como ultrasonido y quemado por debajo de un plasma de radiofrecuencia, además de agregar a la solución patrón un elemento conocido (estroncio) para poder realizar cuantificaciones. El universo del trabajo fueron seis muestras de sangre de pacientes no expuestos y seis muestras de sangre de pacientes ocupacionalmente expuestos. Se llegó a la conclusión de que los pacientes ocupacionalmente expuestos presentaron valores por encima de los límites normales y uno de ellos está por llegar al grado de presentar sintomatología. (Massis, 1989).

A nivel de hospitales nacionales no hay más antecedentes.

4. JUSTIFICACIÓN

El plomo es un metal pesado que se encuentra distribuido en toda la superficie de la Tierra. La exposición de forma usual a este metal puede dar lugar a una intoxicación aguda o bien puede acumularse de manera crónica en dientes, huesos, y sistema hematopoyético

Las evidencias de estudios toxicológicos, epidemiológicos, bioquímicos y fisiológicos realizados con anterioridad reconocen los riesgos de la exposición laboral a plomo. Se ha demostrado que el plomo tiene efectos adversos en la salud humana, particularmente en trabajadores que a causa de su ocupación se exponen a diversas concentraciones del tóxico.

Recientemente se presentó un trabajo de tesis realizado por Belloso, S. 2011, sobre la "Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la Ciudad de Guatemala", donde se da a conocer que el personal que labora en dichos hospitales presentan los valores de plomo en sangre dentro del rango permitido. Sin embargo es necesario darle continuación a dicho estudio, con enfoque hacia hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala, logrando obtener información que permita ampliar los conocimientos sobre la exposición a plomo, para trabajadores de dichos centros, así como también tomar en cuenta aspectos relacionados a la importancia de la protección personal para prevenir intoxicaciones.

5. OBJETIVOS

5.1 General

- 5.1.1 Determinar el nivel de plomo sanguíneo en el personal que labora en el área de rayos X de hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala.

5.2 Específicos

- 5.2.1 Cuantificar niveles de plomo en sangre al personal que labora en el área de rayos X de los hospitales nacionales participantes.
- 5.2.2 Realizar un análisis descriptivo de niveles de plomo en sangre en personas laboralmente expuestas a dicho metal.
- 5.2.3 Elaborar material informativo para el trabajador, sobre los efectos a la salud por la exposición a plomo

6. HIPOTESIS

Las personas que laboran en centros de diagnóstico en hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala, en el área de rayos X, presentan concentraciones de plomo en sangre superiores a 40ug/dL

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Población

Personas que laboran en centros de diagnóstico de hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala, específicamente en área de rayos X.

7.2 Materiales

7.2.1 Recursos Humanos:

7.2.1.1 Autora: Br. Marylin Gabriela Castillo Mauricio

7.2.1.2 Asesora: MSc. Carolina Guzmán Quilo

7.2.1.3 Revisora: MSc. Magda Hernández de Baldetti

7.2.1.4 Estadística: Licda. Ingrid Sofía Rizzo Juárez

7.2.2 Recursos Institucionales:

7.2.2.1 Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Información y Asesoría Toxicológica - CIAT -

7.2.2.2 Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Laboratorio de Análisis Toxicológico.

7.2.2.3. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala: Material de referencia bibliográfica

7.2.2.4 Biblioteca Bibliográfica Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala: Material de referencia bibliográfica.

7.2.2.5 Biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala: Material de referencia bibliográfica.

7.2.2.6 Biblioteca de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala: Material de referencia bibliográfica.

7.2.3 Equipo y Cristalería:

- Analizador Leadcare II
- Botón de calibración del lote del sensor
- Controles de plomo niveles 1 y 2 Leadcare II
- Cuentagotas
- Émbolos
- Gasas
- Guantes protectores sin polvo
- Jeringas descartables de 5 cc
- Lancetas
- Paños con alcohol
- Sensores de plomo en sangre
- Tarjeta de referencia rápida Leadcare II
- Tubos capilares heparinizados
- Tubos de ensayo de tapa verde con anticoagulante Heparina, capacidad 5cc
- Tubos del reactivo de tratamiento

7.3 Métodos

7.3.1 Procedimiento previo al análisis

- 7.3.1.1 Se realizaron las gestiones necesarias en Dirección General de los hospitales nacionales para adquirir el permiso de realizar el estudio.
- 7.3.1.2 Se realizó la presentación y solicitud de firma de Boleta de Consentimiento Informado (Anexo No. 2) y Cuestionario al Trabajador (Anexo No. 3) al personal técnico que labora en el área de rayos X, en los hospitales que aceptaron participar: Hospital General San Juan de Dios; Centro Médico Militar y Hospital Nacional de Ortopedia y Rehabilitación Dr. Jorge Von Ahn de León.

7.3.2 Procedimiento de análisis:

- 7.3.2.1 Se colectaron 5 ml de sangre utilizando jeringas descartables de 5 cc y tubos de ensayo con heparina como anticoagulante, las muestras se mantuvieron en baño de hielo, hasta llevar a cabo la prueba.
- 7.3.2.2 La prueba se realizó en el analizador LeadCare II donde el método de análisis es un proceso electroquímico.
- 7.3.2.3 *Preparación de la muestra:*
- 7.3.2.3.1. Etiquetar el (los) tubo(s) con reactivo de tratamiento con la identificación correspondiente de número de muestra.
- 7.3.2.3.2. Mantener el tubo capilar heparinizado de manera casi horizontal, con la banda verde en la parte superior, llenarlo hasta la línea negra 50 uL; el llenado termina cuando la muestra alcanza la línea negra.
- 7.3.2.3.3. Retirar el exceso de sangre del exterior del tubo con un paño o apósito limpio de gasa, realizar un movimiento hacia abajo para limpiar el exceso de sangre del extremo del tubo capilar.
- 7.3.2.3.4. Comprobar que el tubo capilar se ha llenado correctamente, verificando que no hayan vacíos ni burbujas ni exceso de sangre en la parte exterior del tubo capilar.
- 7.3.2.3.5. Retirar la tapa del tubo de reactivo de tratamiento y colocarla hacia arriba sobre un apósito limpio de gasa.
- 7.3.2.3.6. Colocar el tubo capilar completo en el tubo del *reactivo de tratamiento*.
- 7.3.2.3.7. Insertar el émbolo en la parte superior del tubo capilar y dispensar el volumen entero en el reactivo de tratamiento.
- 7.3.2.3.8. Reemplazar la tapa del tubo e invertir de 8 a 10 veces para mezclar la muestra por completo.

NOTA: La muestra de análisis está lista cuando la muestra se vuelve color café.

7.3.2.4. *Análisis de la muestra en el equipo analizador Leadcare II:*

7.3.2.4.1. Retirar el sensor del recipiente de sensores, cerrar el recipiente inmediatamente: tomar el sensor por extremo sin las barras negras.

7.3.2.4.2. Insertar el sensor (con las barras negras hacia arriba) completamente en el analizador. Cuando se inserta el sensor correctamente, el analizador emite un pitido y muestra el mensaje:

ADD 1 DROP OF SAMPLE TO X ON SENSOR

SENSOR LOT 0018^a

7.3.2.4.3. Comprobar que el número de lote del sensor coincide con el número de lote de la pantalla

7.3.2.4.4. Comprobar que la mezcla de la muestra está a temperatura ambiente y que se ha mezclado uniformemente antes de realizar el análisis.

7.3.2.4.5. Retirar la tapa del tubo.

7.3.2.4.6. Retirar un cuentagotas de transferencia de su recipiente, apretar las paredes del cuentagotas e insertar la punta en la muestra.

7.3.2.4.7. Liberar la presión para absorber la muestra en el cuentagotas.

7.3.2.4.8. Tocar la punta del cuentagotas con la "X" en el sensor y apretar las paredes del cuentagotas para distribuir la muestra.

7.3.2.4.9. El analizador emitirá un pitido y mostrará el mensaje

TESTING

XXX SECONDS TO GO

SENSOR LOT 0018^a

7.3.2.4.10. Después de 3 minutos, el analizador volverá a emitir un pitido para indicar que se ha realizado el análisis.

7.3.2.4.11. Registrar los resultados del análisis en la hoja LeadCare II destinada para el efecto.

7.3.2.4.12. Retirar el sensor utilizado.

7.3.2.4.13. Desechar los materiales en un recipiente para productos biopeligrosos apropiado.

7.3.2.4.14. El analizador está listo para la siguiente muestra cuando aparece en la pantalla el mensaje "LAST TEST RESULT".

NOTA: el analizador muestra "Bajo" cuando detecta un nivel de plomo en sangre inferior a 3.3 ug/dL.

7.4. Diseño de la investigación:

7.4.1 Muestra:

Se incluyó a todas las personas que cumplieron con los siguientes criterios:

I. Criterio de inclusión:

- Ambos sexos
- Rango de edad de 18 a 60 años
- Tener más de un año de trabajar en el área de rayos X de los centros de diagnóstico ubicados en los hospitales participantes
- Haber firmado la boleta de consentimiento informado.

Se excluyeron a las personas de acuerdo a los siguientes:

II. Criterios de exclusión:

- Mujeres embarazadas
- Trabajadores mayores de 60 años
- Trabajadores de lugares no relacionados con los hospitales participantes
- Trabajadores que laboran en dos o más instituciones

7.3.2.4.11. Registrar los resultados del análisis en la hoja LeadCare II destinada para el efecto.

7.3.2.4.12. Retirar el sensor utilizado.

7.3.2.4.13. Desechar los materiales en un recipiente para productos biopeligrosos apropiado.

7.3.2.4.14. El analizador está listo para la siguiente muestra cuando aparece en la pantalla el mensaje "LAST TEST RESULT".

NOTA: el analizador muestra "Bajo" cuando detecta un nivel de plomo en sangre inferior a 3.3 ug/dL.

7.4. Diseño de la investigación:

7.4.1 Muestra:

Se incluyó a todas las personas que cumplieron con los siguientes criterios:

I. Criterio de inclusión:

- Ambos sexos
- Rango de edad de 18 a 60 años
- Tener más de un año de trabajar en el área de rayos X de los centros de diagnóstico ubicados en los hospitales participantes
- Haber firmado la boleta de consentimiento informado.

Se excluyeron a las personas de acuerdo a los siguientes:

II. Criterios de exclusión:

- Mujeres embarazadas
- Trabajadores mayores de 60 años
- Trabajadores de lugares no relacionados con los hospitales participantes
- Trabajadores que laboran en dos o más instituciones

7.4.2. Análisis de datos

Se realizó estadística descriptiva de los resultados obtenidos de la población.

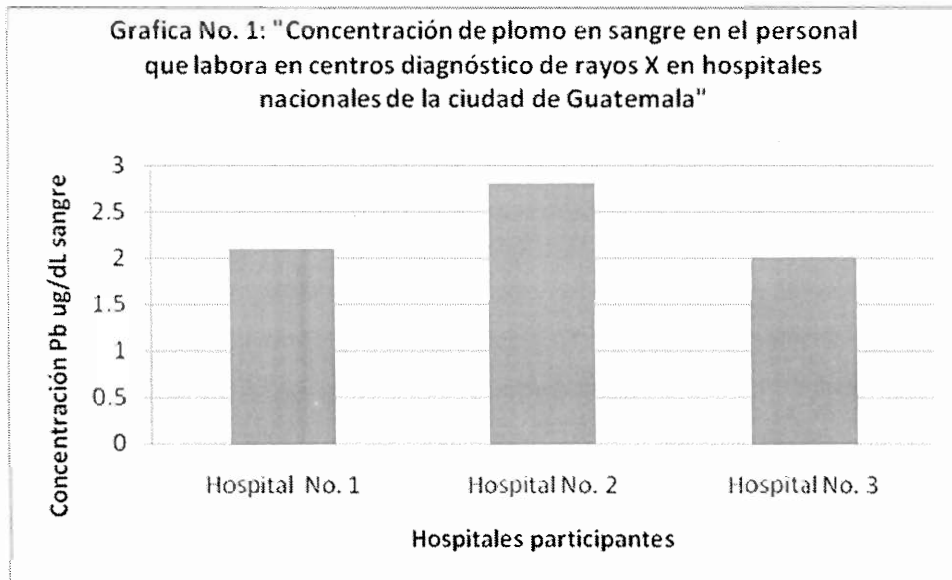
- De los valores obtenidos de plomo en sangre, se reportó el promedio \pm desviación estándar, mediana y rango.
- Los resultados obtenidos se agruparon y analizaron con relación a sexo, edad y tiempo de laborar en el área de rayos X.

8. RESULTADOS

Tabla No. 1: "Concentración de plomo en sangre en el personal que labora en centros de diagnóstico en hospitales nacionales de la ciudad de Guatemala, en el área de rayos X".

Hospital	Muestra No.	Edad (años)	Concentración ug Pb/dL	Promedio Concentración de ug Pb/dL sangre por hospital	Desviación estándar por hospital
No. 1	A-1	27 años	1	2.1	2.2
	A-2	30 años	2		
	A-3	26 años	1.5		
	A-4	28 años	2		
	A-5	32 años	1		
	A-6	52 años	0.8		
	A-7	60 años	1		
	A-8	28 años	0.5		
	A-9	25 años	1.6		
	A-10	26 años	2.5		
	A-11	29 años	2		
	A-12	28 años	8.8		
No. 2	B-1	51 años	1	2.6	1.9
	B-2	46 años	4.7		
	B-3	52 años	1.1		
	B-4	41 años	1		
	B-5	34 años	6.1		
	B-6	46 años	4.2		
	B-7	56 años	1		
	B-8	41 años	3.5		
	B-9	35 años	1		
	B-10	41 años	1		
	B-11	47 años	3.5		
No. 3	C-1	34 años	1	2	1.4
	C-2	31 años	1.5		
	C-3	25 años	3.6		
Promedio general:			2.3 Pb ug/dL sangre		
Desviación Estándar:			2 Pb ug/dL sangre		
Mediana:			1.5 Pb ug/dL sangre		
Rango:			1-8.8 Pb ug/dL sangre		

Fuente: Datos experimentales.

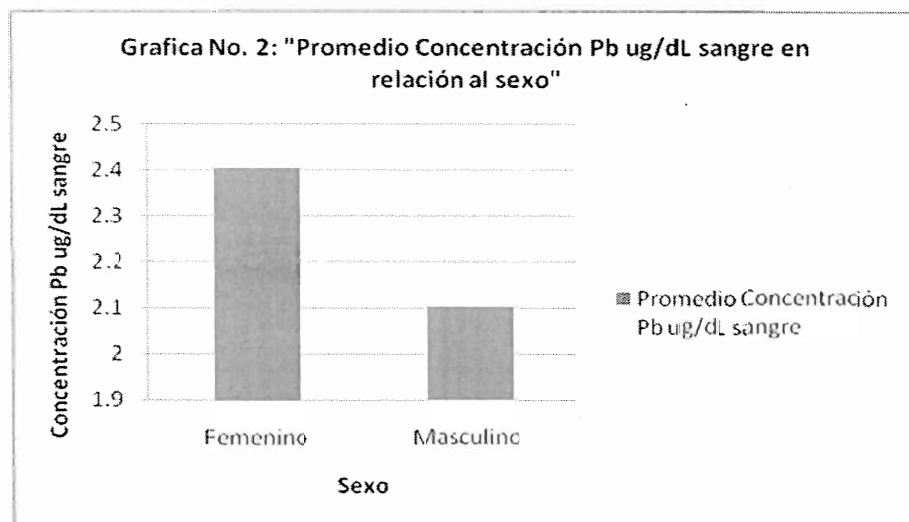


Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 2: "Promedio de concentración de plomo en sangre con relación al sexo"

Sexo	No. De personas	Porcentaje	Promedio Concentración Pb ug/dL sangre
Femenino	12	46%	2.4
Masculino	14	54%	2.1
TOTAL	26	100%	

Fuente: Datos experimentales

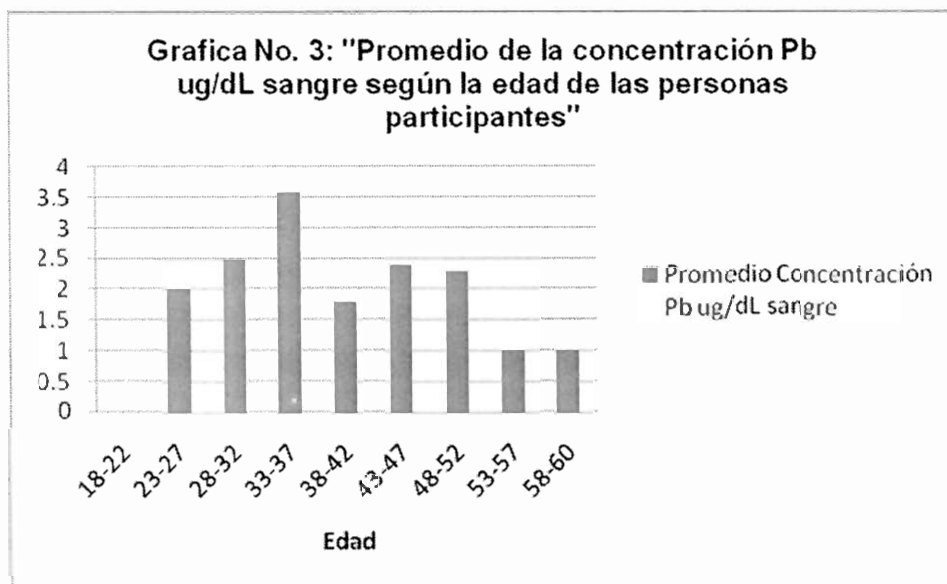


Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 3: "Promedio de la concentración de plomo en sangre según la edad de las personas participantes"

Edad (años)	No. De personas	Promedio Concentración Pb ug/dL sangre
18-22	0	0
23-27	5	2
28-32	7	2.5
33-37	3	3.6
38-42	3	1.8
43-47	3	2.4
48-52	3	2.3
53-57	1	1
58-60	1	1

Fuente: Datos experimentales

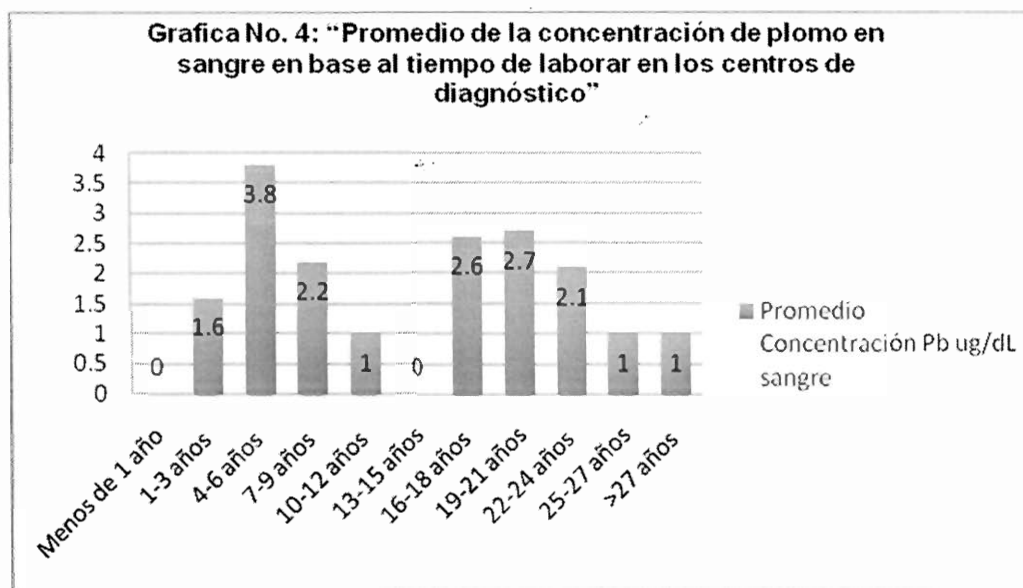


Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 4: "Promedio de la concentración de plomo en sangre con base al tiempo de laborar en los centros de diagnóstico"

Tiempo (años)	No. De personas	Promedio Concentración Pb ug/dL sangre
Menos de 1 año	0	0
1-3 años	7	1.6
4-6 años	6	3.8
7-9 años	2	2.2
10-12 años	2	1
13-15 años	0	0
16-18 años	2	2.6
19-21 años	3	2.7
22-24 años	1	2.1
25-27 años	1	1
>27 años	2	1

Fuente: Datos experimentales



Fuente: Datos experimentales.

9. DISCUSIÓN

La intoxicación ocupacional por plomo es un problema de salud pública que se vive en la actualidad, siendo así los hospitales nacionales de Guatemala el punto central del presente estudio, específicamente los centros diagnósticos de rayos X, donde el personal utiliza equipo de protección contra la radiación a base plomo y son potencialmente expuestos a dicho metal en la sangre.

Es importante mencionar que en la ciudad de Guatemala se realizó un estudio similar en una red de hospitales privados, (Belloso., S., 2011), en el que se concluye que las personas presentan valores de plomo en sangre dentro del rango normal bajo, encontrándose todos por debajo de los 10 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre. Esos resultados son muy similares a los obtenidos en el presente estudio realizado en tres hospitales nacionales, pues en éste todas la muestras analizadas presentaron valores de plomo en sangre menores de los 10 $\mu\text{g Pb/dL}$, por lo que están por debajo de la concentración límite establecida por la Administración para la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), la cual requiere que las concentraciones en trabajadores expuestos se mantengan por debajo de 40 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre.

En la Tabla de Resultados No. 1, se expone que 2.3 $\mu\text{g Pb/dL}$ es el promedio de la concentración de plomo en sangre entre los hospitales participantes, siendo 1.0 $\mu\text{g Pb/dL}$ en sangre la concentración más baja que presentaron las muestras y 8.8 $\mu\text{g Pb/dL}$ en sangre la concentración más alta. Consultando la bibliografía se menciona que bajas concentraciones de plomo en sangre (<10 $\mu\text{g Pb/dL}$) pueden provocar daños en el oído, deterioro cognitivo y disminución del coeficiente intelectual. (Peña, L. 2010).

Al comparar el promedio de concentración de plomo en sangre para cada hospital nacional muestreado, se observó que las personas que laboran en el hospital nacional No. 2 poseen una concentración más elevada de plomo en sangre -2.6 $\mu\text{g Pb/dL}$ - respecto a los otros hospitales nacionales participantes, seguido por el hospital nacional No. 1 con una concentración promedio de 2.1 $\mu\text{g Pb/dL}$ y el hospital nacional No. 3 con una concentración promedio de 2 $\mu\text{g Pb/dL}$. Todos estos resultados corresponden a valores permitidos y, cabe mencionar que el equipo de protección que se utiliza en los tres hospitales participantes es fundamentalmente la bata a base de plomo. En todos los casos se encontraban en buen estado en general, sin embargo varios participantes

plomados, lentes y protector de gónadas; esto puede tomarse en cuenta como una alerta sobre la importancia en el uso del equipo de protección.

En la tabla No. 2, se realizó una comparación de niveles de plomo en sangre con relación al sexo; la mayoría de participantes pertenecen al sexo masculino abarcando el 54% de la población con un promedio de concentración de plomo en sangre de 2.1 $\mu\text{g}/\text{dL}$; el sexo femenino abarca el 46% de la población del estudio dando como resultado un promedio de concentración de plomo en sangre de 2.4 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Cabe mencionar que quien presento mayor concentración de plomo en sangre con un valor de 8.8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ pertenece al sexo femenino, sin embargo no es la que mayor tiempo tiene de trabajar en el centro de diagnóstico. Se logra observar que no se presentó diferencia significativa entre el promedio de ambos sexos.

Se hizo la relación edad-concentración de plomo en sangre del personal que labora en los centros diagnóstico de rayos X en los hospitales participantes, como se logra apreciar en la tabla No. 3, la mayoría de los participantes se encuentra en el rango de edad de 28 a 32 años; donde la concentración promedio es de 2.5 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$, y que representa el 27% de la población evaluada. La mayor concentración promedio de plomo en sangre se encuentra en el rango de edad de 33-37 años como se aprecia en la grafica No. 3, con un valor promedio de 3.6 $\mu\text{g}/\text{dL Pb}$ representando el 11% de la población. El promedio de concentración más bajo se obtuvo en el rango de edad de 53 a 60 años con un promedio de 1 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$, representando así el 8% de la población evaluada.

En la tabla no. 4, se exponen los resultados referente al tiempo de estar laborando en el centro diagnóstico de rayos X en los hospitales participantes, donde la mayor parte de la población evaluada tiene alrededor de 1 a 3 años de estar trabajando en el mismo centro diagnóstico radiológico, representando así el 27%. En cuanto al promedio de concentración de plomo en sangre, el valor más alto se obtuvo en la población que lleva laborando de 4 a 6 años con un promedio de 3.8 $\mu\text{g Pb}/\text{dL}$, siendo el 23% de la población en general. El mayor tiempo de estar laborando en el área de rayos X es mayor a 27 años y que a pesar del tiempo mencionado en trabajar dentro del centro diagnóstico, no presenta niveles de plomo elevados $>10 \mu\text{g Pb}/\text{dL}$.

Según la bibliografía se considera expuesto al riesgo de plomo a todo trabajador que durante mas de 30 días al año ejerce su actividad laboral en un ambiente con una concentración ambiental de plomo superior o igual a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire, referido a 8 horas diarias y 40 semanales; todos los participantes tienen más de 30 días de trabajar en los centros diagnóstico cumpliendo con las 8 horas diarias de trabajo. Sin embargo, se desconoce si se han establecido los niveles de plomo ambiental por lo que no se cuenta con ese dato. Durante el desarrollo de la investigación se evaluaron otras posibles fuentes de exposición al metal además del equipo de protección personal donde se observó la barrera protectora plomada con su respectiva ventana para monitorear el proceso de rayos X, considerándose ésta como otra fuente de exposición. Sin embargo no se presentan concentraciones de plomo en sangre por encima del valor establecido.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, no hay una relación significativa entre las concentraciones de plomo en sangre y el sexo, la edad y el tiempo de laborar de los participantes.

Se confirmó que el equipo de protección con mayor uso es la bata a base de plomo, y en ocasiones lentes de seguridad, teniendo presente que el uso del plomo como parte del blindaje radiológico es de suma importancia ya que éste conduce y desvía la radiación incidente la cual es perjudicial para la salud, lo que puede provocar efectos irreversibles en las personas laboralmente expuestas.

Por último, es necesario que las personas conozcan la importancia sobre el riesgo que pueda causar las concentraciones elevadas de plomo en la sangre, y a las cuales están laboralmente expuestas así como los efectos que pueden provocar a la salud; es por ello que se realizó y distribuyó entre el personal expuesto un trifoliar informativo al respecto para brindar la información oportuna sobre la necesidad de utilizar todo el equipo de protección necesario para la toma de radiografías y protegerse así de las radiaciones.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 El personal que labora en los centros diagnóstico específicamente en rayos X de los hospitales nacionales evaluados en este estudio, presentan valores de plomo en sangre dentro del rango normal bajo, encontrándose todos por debajo de los 10 μg Pb/dL sangre.
- 10.2 Aunque en este estudio los resultados indican que las personas laboralmente expuestas no presentan niveles de plomo fuera del rango normal, los mismos sí se exponen a otros factores nocivos para su salud como son las radiaciones si dejan de utilizar el equipo de protección personal, el que sigue siendo factor de exposición al plomo.
- 10.3 El tiempo de laborar en el centro diagnóstico de rayos X no es un determinante en la concentración de plomo en sangre dentro de la evaluación del estudio.
- 10.4 Se difundió entre los trabajadores información mediante un trífoliar informativo sobre el riesgo que representan para la salud las radiaciones ionizantes y la importancia que tiene el protegerse de las mismas.
- 10.5 Todos los valores obtenidos fueron muy inferiores a los 40 μg Pb/dL sangre por lo que a pesar de la exposición laboral al plomo ninguno de los trabajadores evaluados en este estudio se encuentran actualmente a peligro de intoxicación.
- 10.6 El plomo no representa por el momento un riesgo ocupacional para el personal de rayos X evaluados, y constituye la protección contra los rayos X.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Realizar estudios en los mismos hospitales evaluando el riesgo de los rayos X en el personal laboralmente expuesto.
- 11.2 Evaluar el estado y uso del equipo de seguridad personal radiológico, para poder mantener éste en las condiciones que se requieren para cumplir con el objetivo.
- 11.3 Evaluar las condiciones de los aparatos con los que trabaja el personal de rayos X, y poder determinar si se encuentran en condiciones donde no afecten la salud.
- 11.4 Realizar pláticas informativas para el personal que se encuentra laboralmente expuesto a la radiación, y llegar a concientizar sobre los efectos de la misma en la salud así como la necesidad de la protección.
- 11.5 Realizar estudios de exposición a plomo en otros centros diagnóstico en la ciudad de Guatemala.
- 11.6 Realizar periódicamente análisis de niveles de plomo en sangre a personas laboralmente expuestas a este metal, para detectar cualquier situación de peligro para la salud del trabajador por esta exposición.
- 11.7 Realizar monitoreo de plomo en el ambiente en los centros de diagnóstico específicamente en el área de rayos X en la ciudad de Guatemala

12. REFERENCIAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2007. Reseña Toxicológica del Plomo (versión actualizada). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. Disponible en: <http://www.davidborowski.com/work/ATSDR%20ToxFAQs%20and%20PHS%202007/Data/Spanish/PLOMO.pdf> Consultado en: 11 de septiembre 2011.
- Alessio L, Foa V. (1988). Human biological monitoring of industrial chemicals series. Lead. Commission of the European Communities. Disponible en: http://books.google.com.gt/books/about/Human_biological_monitoring_of_industria.html?id=QXJuGwAACAAJ&redir_esc=y Consultado en: 10 de septiembre 2011.
- Aranguren, F y otros (2003). Realizaron un estudio bajo el título de “Concentraciones de plomo en sangre y orina de trabajadores en expendios de gasolina, Trujillo-Venezuela”. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/360/36080207.pdf> Consultado en: 20 de mayo del 2011.
- Belloso, S. (2011). Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala. Tesis de Grado para optar al Título de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Brito, C y otros (2005), Contenido de Plomo y Manganeso en despachadores de gasolina. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/576/57630202.pdf>. Consultado en: 20 de mayo del 2011.
- Carr, Wilfred y Kemmis, Steve (1988). Teoría crítica de la enseñanza: La investigación-acción en la formación del profesorado. Barcelona: Martínez Roca. Disponible en: http://books.google.com.gt/books/about/Teor%C3%ADa_cr%C3%ADtica_de_la_ense%C3%BAanza.html?id=0mLTPQAACAAJ&redir_esc=y Consultado en: 29 de mayo del 2011.
- Comisión de Salud Pública (1999). “Plomo”. Protocolos de vigilancia Sanitaria Especifica. Madrid. Disponible en: <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/plomo.pdf> Consultado en: 29 de mayo del 2011.

- Domínguez R., Crisolito J., (2001). Aspectos Radiológicos de la intoxicación por plomo. Arch-Pediatric. Uruguay.
- Ellenhorn, MJ. (1988). Medical Toxicology. Diagnosis and Treatment of human poisoning. Elsevier Science Publishing Company. New York. Disponible en: <http://ntp.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=E882CDE6-BDB5-82F8-FBBC0466146F6486>. Consultado en: 20 de mayo del 2011.
- Espinal, G. y Rodriguez, A. (2008). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2-10 años en el Barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana. Disponible en: http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/54654314.html consultado en: 20 de mayo del 2011
- Ibarra, E., Mugica, J., Gonzales, R., Novas, J. (2007) realizaron el estudio "Valores de referencia de la concentración de plomo en sangre en la población en edad laboral de la Ciudad de la Habana". Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol8_1_07/rst01107.html Consultado en: 20 de mayo del 2011
- Ladou, J. (1999). Medicina laboral y ambiental (2º ed.). México: El manual moderno.
- Lauwerys RR. (1999). Toxicologie Industrielle et Intoxications Professionnelles. Masson. Paris. Disponible en: http://books.google.com.gt/books/about/Toxicologie_industrielle_et_intoxication.html?id=AukwAAAACAAJ&redir_esc=y Consultado en: 13 de noviembre del 2011
- Martínez, Ma. Del C.; Sosa, G. (1994) "Intoxicación por plomo". Revista Salud de los Trabajadores. 2 (2):159-162. Maracay. Venezuela. (1994). Disponible en: <http://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo-0501.html> Consultado en: 13 de noviembre del 2011.
- Massis, E. (1989). Determinación de plomo en sangre humana por reflexión total de Rayos X. Tesis de Grado para optar al Título de Física. Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

OIT/ILO, 1983. Encyclopaedia Occ. Health and Safety, Geneve. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_093550.pdf Consultado en: 20 de mayo del 2011.

Parmeggiani L. (1989). Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Geneva: International Labour Office. Disponible en: books.google.com.gt/books?isbn=9221098141. Consultado en: 12 de junio del 2011

Peña, L. (2010). Toxicología Clínica. 1ª edición. Corporación para Investigaciones Biológicas CIB, Medellín, Colombia. 2010 pág. 547-558

Ramírez, A. (2005). El Cuadro Clínico de la Intoxicación Ocupacional por Plomo. Revista Anales de la Facultad de Medicina. Perú. 57-70. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832005000100009 Consultado en: 12 de agosto del 2011

13. ANEXOS

13.1. Anexo No. 1: "Toxicología del plomo"

13.1.1. PLOMO

El plomo es un metal gris-azulado presente en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. Se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente. Debido a sus propiedades como ductilidad, alta densidad y poca reactividad química, así como su fácil extracción, relativa abundancia y bajo costo, lo hace una materia prima o componente fundamental en diversos procesos tecnológicos. (Belloso, S. 2011)

El plomo tiene variedad de usos. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos de metal (soldaduras y cañerías) y en láminas de protección contra los rayos X. Debido a inquietudes sobre salud pública, la cantidad de plomo en pinturas y cerámicas y en materiales para calafatear y soldar se ha reducido considerablemente en los últimos años. El uso del plomo como aditivo para gasolina se prohibió el año 1996 en Estados Unidos. (ATSDR, 2007).

Derivados inorgánicos: Constituyen un grupo muy numeroso y por lo general son poco solubles, de lo que se deriva una toxicidad relativamente escasa. Entre ellos destacan:

- Óxidos: el minio (Pb_2O_4) u óxido de plomo rojo, base de pinturas anticorrosivas; el litargirio (PbO) o protóxido de plomo, y bióxido de plomo (PbO_2).
- Cromato de plomo, que es un magnífico colorante amarillo.
- Arseniato de plomo, base de numerosos insecticidas.
- Carbonato de plomo o galena, que es tal como se encuentra en la naturaleza. Es insoluble y se emplea en alfarería rústica.
- Otras sales, el sulfato de plomo o blanco de Mulhouse y el antimoniato de plomo o amarillo de Nápoles.

Derivados Orgánicos: Son muy empleados en la industria y destacan entre ellos:

- Acetato de plomo o sal de Saturno: es muy soluble y es el único que produce intoxicaciones agudas por vía digestiva. Se ha empleado como abortivo.
- Tetraetilo de plomo: antidetonante que se adiciona a la gasolina para aumentar su capacidad de compresión, elevando así su rendimiento.
- Estearato de plomo: se usa para dar estabilidad y consistencia al plástico.
- Naftenato de plomo: es componente de numerosas grasas y aceites de uso industrial.

13.1.2. EXPOSICION OCUPACIONAL

Se considera expuesto al riesgo de plomo a todo trabajador que durante más de 30 días al año ejerce su actividad laboral en un ambiente con una concentración ambiental de plomo (Pb) superior o igual a $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire, referido a 8 horas diarias y 40 semanales; en relación al nivel de plumbemia, aquél que presenta un valor de plomo en sangre (Pb-B) mayor o igual a $40\mu\text{g}/100\text{ ml}$ de sangre en el caso de los hombres y $30\mu\text{g}/100\text{ ml}$ de sangre en el caso de las mujeres en periodo fértil. (Comisión de Salud Publica, 1999).

Los problemas de salud laboral causados por plomo suceden principalmente en la metalurgia primaria y secundaria y en minería extractiva, así como en la industria informal de fabricación de acumuladores eléctricos por extracción secundaria de plomo a partir de baterías recicladas. (Carr, Wilfred y Kemmis, Steve, 1988).

A la enfermedad producida por exposición laboral a plomo se le llama saturnismo (CIE 10: T 56,0), que se le define como el cuadro clínico caracterizado por síntomas y signos propios más indicadores biológicos de exposición (IBE) compatibles. El diagnóstico no cabe en: 1) Ausencia de enfermedad manifiesta; y, 2) Ausencia de exposición al plomo. La definición elimina casos que son

informados como tales, en ausencia de exposición o tan sólo con síntomas aislados. Se acepta sí que, antes de que los síntomas sean manifiestos, existe ya un cuadro subclínico con deterioro a nivel enzimático. (Parmeggiani, 1989)

13.1.3. VALORES LÍMITE DE EXPOSICION DEL PLOMO

Son los niveles de plomo en sangre o de plomo en aire a partir de los cuales debe adoptarse una vigilancia biológica de los trabajadores afectados. Son aquellos que no deben, en ningún caso, ser superados y a partir de los cuales debe alejarse al trabajador del puesto habitual y de la exposición en general, La Organización para la Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud (OSHA, por sus siglas en inglés) requiere que las concentraciones en trabajadores expuestos se mantengan por debajo de 40ug Pb/dL sangre.

En la tabla I se exponen los valores de nivel de acción y los valores límite de exposición al plomo según diferentes organismos. (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, C375 1-24, 10.12.9). (Ramírez, A. 2005).

Tabla I. Comparación de criterios de valoración de nivel de acción y valores límite de exposición al plomo en la comunidad científica internacional

		España	CEE	ACGIH	OSHA	NIOSH	OMS
Nivel de acción del plomo	Pb-B($\mu\text{g}/100$ ml)	--	50		--		
	Pb-A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	75	75		30		
Valores de exposición	Pb-B($\mu\text{g}/100$ ml)	70-80	70-80	30	50	60	40 H
	Pb-A($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	150	50	50	100	30M e.fer

Pb-B.- Plomo en sangre, **Pb-A.-** Plomo ambiental, **H.-** Hombres, **M. e. fer.-** Mujer edad fértil, **CEE-**Comunidad Europea, **ACGIH-**American Conference of Industrial Hygienists, **OSHA-**Occupational Safety & Health Administration, **NIOSH-**National Institute for Occupational Safety & Health, **OMS-**Organización Mundial de la Salud

13.1.3.1 Usos y fuentes de exposición al plomo

El plomo (Pb) tiene múltiples aplicaciones en la industria y se utiliza tanto en forma sólida como líquida, generando polvo, humos o vapores, según se realicen unas operaciones u otras. Según el riesgo de intoxicación, las actividades se pueden clasificar en operaciones de elevado riesgo y de riesgo moderado, tomando en consideración: las características físico-químicas del plomo (polvo, aerosoles, etc.); vías de entrada; intensidad de exposición; duración, etc. (Martínez, 1994).

13.1.3.2 Vías de Penetración

- Vía respiratoria: Es la vía de entrada más importante, penetrando por inhalación de vapores, humos y partículas del polvo. El 50% del Pb depositado en los pulmones se encuentra en sangre circulante tras aproximadamente 50 horas, pasando un porcentaje a tejidos o siendo eliminado. El grado de absorción de plomo por esta vía depende de la concentración ambiental en el puesto de trabajo, del tiempo de exposición, de la forma física (vapores, humos, tamaños de las partículas) y química del plomo inhalado, de factores personales (edad, tipo de ventilación), y de las condiciones de trabajo (temperatura, humedad y ventilación ambientales, y nivel de esfuerzo físico).
- Vía oral: Las partículas de polvo de plomo son ingeridas directamente a través de las manos, alimentos, bebidas o cigarrillos contaminados en el ambiente de trabajo. Constituye la segunda vía de entrada, en importancia, de plomo en el organismo. Hay también un porcentaje de plomo que después de haber sido inhalado es posteriormente vertido al tubo digestivo por los mecanismos de aclaramiento pulmonar. Del 5 al 10% del plomo ingerido por esta vía pasa a sangre, siendo el resto eliminado por las heces. Por otra parte la absorción de plomo por esta vía es más elevada en la mujer que en el hombre. (Lauwerys, 1999)

- Vía cutánea: La absorción por esta vía es débil en el caso del plomo inorgánico al contrario que en el del plomo orgánico. Los derivados inorgánicos de plomo no se absorben por la piel íntegra. Los derivados orgánicos, que son muy liposolubles, pueden absorberse, sobre todo el tetraetilo y el tetrametilo de plomo. El naftenato, presente en ciertas grasas y aceites industriales, puede absorberse por esta vía. (Belloso, S. 2011).

13.1.4. DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO EN EL ORGANISMO

Una vez que el plomo pasa a sangre se establece un intercambio dinámico entre los diferentes tejidos a los que el plomo se dirige. Tras la inhalación o ingestión el plomo absorbido pasa al torrente sanguíneo, desde donde se distribuye a los diferentes compartimentos. La vía más importante desde el punto de vista ocupacional es la respiratoria. El 95 % del plomo sanguíneo está unido a los eritrocitos. La vida media del plomo en el compartimento sanguíneo es de 35 días, pero pueden existir grandes variaciones individuales. El segundo compartimento lo constituyen los tejidos blandos (tejido nervioso, riñón, hígado, etc.). La vida media del plomo en este caso es de 40 días. De entre todos los compartimentos el esqueleto es quien contiene la gran mayoría (80-90 %) del plomo almacenado en el organismo. La vida media del plomo en el hueso es de 20 a 30 años. (Ellenhorn, 1988).

Una parte del plomo depositado a nivel óseo (tejido óseo trabecular) se encuentra en forma inestable, y por tanto fácilmente movilizable en determinadas condiciones (acidosis, descalcificación) y en equilibrio con la sangre. El resto queda almacenado (tejido óseo compacto) y va aumentando progresivamente a medida que continúa la exposición. Tanto los tejidos blandos como la sangre constituyen las unidades de intercambio activo, mientras que el esqueleto constituye la unidad de almacenamiento o de intercambio lento. (Alessio L, Foa V., 1988).

13.1.5 VIAS DE ELIMINACION DEL PLOMO

En el caso de baja exposición al plomo existe un equilibrio entre el aporte del tóxico y la eliminación. Pero una vez pasado un cierto nivel, la eliminación del plomo no se corresponde con el grado de la carga corporal del metal; se ha producido acumulación y comienza el riesgo de intoxicación. El nivel depende no solamente del grado de exposición al plomo, sino también de la edad y de la integridad de órganos importantes para su metabolismo y eliminación, como el hígado o el riñón. (Comisión de Salud Pública, 1999).

El plomo se excreta por diferentes vías, pero sólo la renal y la gastrointestinal son de importancia toxicológica. Las heces siempre contienen plomo que proviene en su mayor parte de la fracción no absorbida y de otras fuentes, como: 1) Secreción activa o pérdida pasiva de plomo desde glándulas salivales, páncreas y pared intestinal; 2) Pérdida por reboce desde células epiteliales; y, 3) Excreción biliar, cuyo papel en fisiología humana aún es incierto (Parmeggiani, 1989).

Se excreta fundamentalmente por orina (80%) y de forma secundaria por heces, sudor, saliva, faneras. En personas expuestas al plomo, éste se irá acumulando en el hueso de modo progresivo; ello tendrá una repercusión directa sobre la plumbemia y plumburia, que estarán aumentadas con relación a la población no expuesta. (Calabuig, 2004).

13.1.6 EFECTOS SOBRE LA SALUD

13.1.6.1 Efectos sobre el tejido Hematopoyético

La concentración de plomo en la médula ósea es muy importante, lo que explicaría la alteración de la maduración de los glóbulos rojos que este metal produce:

- a) Inhibiendo la síntesis del Hem en los eritroblastos: El plomo bloquea varias enzimas necesarias para la síntesis del grupo Hem de la hemoglobina: delta-ALA-deshidratasa (ALA-D), coproporfirinógeno III, decarboxilasa y ferroquelatasa. Estos efectos dependen de la dosis de absorción, siendo la más temprana la

inhibición del ALA-D. Por otro lado, la actividad de la enzima ALA-sintetasa será estimulada por un mecanismo «feed-back» como consecuencia del déficit de Hem, produciéndose también un aumento del ALA. Las consecuencias biológicas de esta acción de inhibición son:

- Aumento de la tasa de ALA en sangre y en orina (ALA-B, ALAU).
 - Aumento de la concentración de coproporfinógeno III en los hematíes y de coproporfirina III en orina (CPU).
 - Aumento de la tasa de protoporfirina IX en los hematíes.
 - Aumento de la tasa de hierro sérico.
- b) Alteración morfológica de los precursores de los glóbulos rojos: En una punción esternal pueden ser observados megaloblastos, eritroblastos poliploides y punteado basófilo en los eritroblastos. La acción inhibitoria del plomo sobre la enzima pirimidin-5-nucleotidasa es responsable de la reducción-degradación del ARN en los reticulocitos en vías de maduración y de la persistencia de las granulaciones basófilas. (Ramírez, 2005).

El plomo ejerce además otras acciones sobre el eritrocito. Parece ser que fragiliza la membrana, que su presencia en la misma favorece también su desnutrición por envejecimiento, por lo que la hemivida eritrocitaria esta disminuida. En los casos de intoxicación aguda pueden producirse fenómenos hemolíticos. (Ladron & Moya, 1995).

13.1.6.2. Efectos sobre los glóbulos rojos circulantes

La fragilidad mecánica de los glóbulos rojos parece aumentar, aunque este factor no es suficiente para explicar la anemia. La vida media de los glóbulos rojos disminuye ligeramente. Este hecho permite clasificar la anemia saturnina entre las anemias hemolíticas. (Ramírez, 2005).

13.1.6.3. Efectos sobre el Sistema Nervioso

El plomo es un neurotóxico periférico y central. Interfiere la liberación de la acetilcolina o bien la reabsorción de colina y la síntesis consecuente de acetilcolina. La adenil-ciclasa del SNC es inhibida por el Succinil-CoA d-ALA (Aumentando en sangre y orina) Delta-ALA Pb dehidratasa (enzima inhibida por el plomo) Porfobilinógeno, Uroporfirinógeno III, Coproporfirinógeno III (Excreción urinaria aumentada), Protoporfirinógeno IX, Protoporfirina IX (Aumentando en los eritrocitos), Fe, Pb Ferroquelatasa, Mitocondrial (Enzima inhibida por el plomo), Hem-plomo. (Ellenhorn, 1988).

Con niveles de plumbemia inferiores a 60 µg/ 100 ml puede existir ya un enlentecimiento de la velocidad de conducción del impulso nervioso. Algunos autores sugieren el uso de estudios electromiográficos en la evaluación de la exposición crónica. (Ramírez, 2005).

13.1.6.4. Efectos a nivel renal

Se distinguen tres fases en la respuesta renal a una exposición prolongada al plomo:

- 13.1.6.4.1 Primera fase (de duración inferior a un año): caracterizada por la presencia de inclusiones intranucleares del complejo plomo-proteína en las células tubulares, excreción elevada de plomo; no hay todavía perturbación de la función renal.
- 13.1.6.4.2 Segunda fase: tras algunos años de exposición las células tubulares han perdido la capacidad de formar inclusiones intranucleares. Los riñones excretan menos plomo y presentan un cierto grado de fibrosis intersticial. La función renal comienza a alterarse.
- 13.1.6.4.3 Tercera fase: se produce una nefritis crónica. La lesión es principalmente tubular si bien puede afectar también a nivel glomerular. En una revisión de estudios sobre nefropatía plúmbica se aportan datos sobre la utilidad de la N-acetil-beta-D-glucosaminidasa urinaria (NAG) como marcador precoz de daño renal, aunque las relaciones de los niveles de plomo en sangre y NAG sean poco consistentes. (Ramírez, 2005).

13.1.6.5. Efectos sobre la Reproducción

Según datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el plomo puede ser transmitido de la madre al feto por transferencia placentaria estando expuesto a casi la misma concentración de plomo que la madre. A este nivel se ha descrito un aumento de abortos espontáneos, así como el aumento de la tasa de morbi-mortalidad en recién nacidos. (Ramírez, 2005).

13.1.6.6. Efectos sobre el Sistema Cardiovascular

Se ha encontrado mayor riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en trabajadores expuestos a plomo. (Ramírez, 2005). Las alteraciones cardíacas pueden producirse por:

- hipertensión arterial por afectación renal primaria,
- aumento de las resistencias periféricas por alteración de la pared de los vasos sanguíneos, por infiltración celular en el tejido específico de conducción.

13.1.7 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

13.1.7.1 Intoxicación aguda: Es muy difícil observarla actualmente en la industria. Los síntomas son: (Domínguez, 2001)

- A nivel del aparato digestivo: cólico saturnino con dolor, vómitos y estreñimiento.
- A nivel del sistema nervioso: encefalopatía saturnina con convulsiones y coma que conduce a la muerte en dos o tres días. También puede presentarse en forma de delirio o psicosis tóxica.
- A nivel renal: albuminuria, cilindruria, oliguria.
- A veces hay afectación hepática pudiendo aparecer desde una necrosis hepática hasta una ligera citolisis.

13.1.7.2 Intoxicación crónica: Es la que podemos encontrar en la industria. Pueden distinguirse tres fases:

- Presaturismo o fase de impregnación: caracterizada por una plumbemia menor de 70 µg/100 ml. Es en esta fase cuando la acción de prevención del saturnismo es clave. No se trata todavía de una enfermedad establecida, pero existen ya datos indicadores de alteraciones metabólicas acompañadas de una sintomatología vaga e imprecisa que nos indican los primeros efectos del plomo. Puede haber estreñimiento y molestias gastrointestinales, fatiga, modificaciones del humor, pérdida de memoria y, de la capacidad de atención, dolores musculares y articulares e insomnio. Actualmente, el ribete gingival de Burton se ve muy raramente. Un examen electromiográfico podrá revelar una disminución de la velocidad de conducción del impulso nervioso en las extremidades. En cuanto a las alteraciones biológicas, en esta fase comienzan a evidenciarse los efectos sobre el tejido hematopoyético.
- Intoxicación franca. Las manifestaciones pueden ser:
 - Alteraciones del estado general.
 - Cólico saturnino.
 - Polineuritis motora: Se trata de una afección motora que atañe en general a los músculos más activos de las extremidades superiores. Se produce una parálisis flácida y progresiva sin alteraciones sensitivas, que puede curar en semanas o meses al suprimirse la exposición al tóxico.
 - Hipertensión paroxística.
 - Encefalopatía saturnina: es la manifestación más grave del saturnismo. Las formas más agudas pueden variar del delirio y la psicosis tóxica, a las convulsiones, coma y muerte. La forma crónica consiste en pérdida de capacidad intelectual y de rendimiento psicomotriz e incluso afasia transitoria y

hemianopsia. Puede producirse una neuritis retrobulbar que debuta con defectos de la visión central y alteración de la visión de los colores. Si la exposición se prolonga evoluciona hacia una atrofia de polo posterior con afectación total de nervio óptico. También pueden aparecer además alteraciones oculomotoras (III y VI pares craneales) y amaurosis transitorias.

- Afectación tiroidea: disminución de la captación de yodo por la glándula tiroides.
- Afectación testicular: hipoespermia.
- Intoxicación antigua (secuelas), la absorción prolongada de plomo puede tener como consecuencia hipertensión permanente, nefritis crónica a menudo asociada a gota y alteraciones cardíacas.

13.1.8 EVALUACIÓN DEL RIESGO

La empresa está obligada a realizar, por sí misma o por medio de servicios especializados, la evaluación de las concentraciones ambientales de plomo en los puestos de trabajo en los que exista riesgo de exposición. Las muestras serán necesariamente de tipo personal y serán efectuadas de manera que permitan la evaluación de la exposición máxima probable del trabajador o trabajadores, teniendo en cuenta el trabajo efectuado, las condiciones de trabajo y la duración de la exposición.(Comisión de Salud Publica, 1999)

El control ambiental será efectuado con una periodicidad trimestral. Esta frecuencia podrá ser semestral cuando, permaneciendo inalteradas las condiciones del puesto de trabajo, los resultados de las determinaciones efectuadas en dos controles consecutivos indiquen:

- Una concentración de plomo en aire inferior a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Una cifra de plumbemia que no supere en ningún trabajador los 60 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Respecto al trabajador hay dos tipos de indicadores que informan de la absorción de plomo en el organismo: los indicadores de exposición y los indicadores de efecto. Los primeros revelan el grado de exposición, mientras que los segundos detectan las alteraciones que se verifican en el órgano crítico a continuación de la absorción. En este apartado, se exponen los indicadores más comunes, para hacer después una elección de aquellos que se consideran más prácticos y eficientes. (Comisión de Salud Pública, 1999)

13.1.8.1. Indicadores de exposición

13.1.8.2. Plumbemia (Plomo en sangre)

En la práctica este test se revela como el medio más útil para evaluar el grado de exposición del individuo al plomo. La cantidad de Pb en sangre es función del plomo absorbido por el organismo menos el depositado en huesos y tejidos blandos y el plomo excretado en orina y heces.

Siendo la plumbemia un indicador válido para revelarnos el grado de exposición reciente, no lo es sin embargo para informar sobre la carga corporal o cantidad de plomo acumulado en el organismo, ni sobre la intensidad de las alteraciones metabólicas. En la exposición, el nivel de plumbemia alcanza rápidamente un valor meseta, mientras que la cantidad de plomo en stock en el organismo puede continuar aumentando. Alejado el trabajador de la exposición, el Pb en sangre disminuye aunque el metal acumulado en el organismo puede seguir ejerciendo su acción tóxica durante un tiempo.

En cuanto a la interpretación del valor Pb en sangre en relación al Pb-ambiental (Pb-A) hay que tener en cuenta que el grado de absorción depende de diversos factores como el tiempo de exposición, el grado de actividad física (volumen de aire inspirado), el tamaño de las partículas de plomo, la higiene personal y hábitos nocivos en el trabajo (fumar, comer, beber) y la sensibilidad individual (variaciones metabólicas), entre otros. Esto explica la posibilidad, recogida en una serie de predicciones de la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), de encontrarnos con casos de diferentes niveles de Pb en sangre frente a una misma concentración ambiental de plomo. La plumbemia se expresa en

$\mu\text{g}/100$ ml de sangre, a pesar de que sería preferible expresarlo por volumen de hematíes, ya que el 95% del plomo sanguíneo está fijado a los glóbulos rojos. Es posible que en el futuro pueda realizarse la dosificación del plomo plasmático que representa sin duda el plomo circulante difusible en los tejidos, en lugar de la cantidad de plomo sanguíneo total.

La recogida de la muestra se hace mediante la extracción de sangre venosa en recipientes exentos de plomo, utilizando heparina o EDTA como anticoagulantes. El mantenimiento de las muestras debe hacerse a temperaturas entre 2 °C y 8 °C. La plumbemia se determina por espectroscopia de absorción atómica (Comisión de Salud pública, 1999); en este estudio se hizo por método electroquímico.

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal esta en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: (Belloso, S. 2011)

- Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimientos dentro de la célula.
- Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
- Se une a la calmodulina mas ávidamente que el calcio, esta es una proteína reguladora importante.
- Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.

Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias a la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. (Belloso, 2011).

13.1.8.3. Laboratorio

Las concentraciones de plomo en la sangre son un indicador de la exposición reciente (días o semanas). Las concentraciones totales de plomo en la sangre en individuos no expuestos varían de 5 a 15ug/dL. La correlación de estas concentraciones en la sangre con síntomas dependerá de la duración e intensidad de la exposición. Un trabajador nuevo con un alto nivel de exposición puede tener síntomas con concentraciones de plomo de 50 a 60ug/dL. Mientras que los trabajadores de mucho tiempo llegan a estar asintomáticos con concentraciones por arriba de 80ug/dL. Pueden ocurrir efectos sutiles del plomo sobre el sistema nervioso central y periférico con concentraciones entre 40 y 80ug/dL. Los estándares actuales de la Organización para la Seguridad Ocupacional y Administración de Salud (OSHA, por sus siglas en ingles) requieren que las concentraciones se mantengan por debajo de 40ug/dL. (Ladou, 1999).

Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmacéutica
Departamento de Toxicología

13.2 Anexo No. 2

BOLETA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

“Determinación de plomo del personal que labora en área de rayos X en hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala”

Por medio de la presente yo: _____

Quien me identifico con cédula de vecindad número: _____, he comprendido la información sobre el estudio “Determinación de plomo del personal que labora en área de rayos X en hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala”, y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. Estoy dispuesto a participar en dicho estudio sabiendo que debo donar 5 cc de sangre para medir niveles de plomo en ella y determinar si hay riesgo de exposición al mismo en mi actividad laboral. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma

Fecha

Universidad San Carlos de Guatemala
 Facultad Ciencias Químicas y Farmacia
 Escuela de Química Farmacéutica
 Departamento de Toxicología

13.3 Anexo No. 3

CUESTIONARIO AL TRABAJADOR

Instrucciones: Los datos del presente cuestionario serán confidenciales y serán utilizados para seleccionar a los participantes del estudio "Determinación de plomo del personal que labora en área de rayos X en hospitales nacionales de la Ciudad de Guatemala". Su colaboración es de suma importancia para la realización de dicho estudio. No existe ningún riesgo de enfermedad al participar.

Fecha: _____
 No. De muestra. _____

1. Datos generales:

Sexo: M _____ F _____

Nombre: _____

Edad: _____

Peso: _____ (lbs.)

Altura: _____ (mts.)

2. Condiciones de trabajo:

Lugar de trabajo: _____

Tiempo de laborar en el centro de diagnóstico: _____

Área en la que se desempeña: _____

Jornada de trabajo: _____

Tiempo de laborar en el mismo trabajo: _____

3. Enfermedades que padece:

Hepatitis _____ Cirrosis _____ Daño hepático _____

Anemias _____ Bronquitis _____ Infección general _____

Asma _____ Problemas del corazón _____

Gripe _____ Frecuencia _____

Otra _____

Medicamentos que utiliza actualmente _____

Al final de la jornada de trabajo usted siente alguno de los siguientes síntomas

	Leve	Moderada	Fuerte	Frecuencia
Vómitos y estreñimiento				
Fatiga				
Modificaciones de humor				
Perdida de memoria				
Perdida de atención				
Dolores musculares				
Insomnio				

13.4. Anexo No. 4: **“Trifoliar informativo sobre Plomo, riesgos y efectos en la salud, Importancia de la seguridad radiológica”.**

Página No. 45, Anexos: Parte interna, trifoliar

Página No. 46, Anexos: Parte externa, trifoliar

Importancia de la Seguridad Radiológica:

Rayos X: Riesgos y Efectos:

Las radiaciones ionizantes, al interactuar con el organismo, provocan diferentes alteraciones en el mismo debido a la ionización provocada por los elementos que constituyen a sus células y tejidos.

Protección Radiológica:

El propósito principal de las medidas de protección radiológica es proveer un nivel adecuado de protección para el hombre, compatible con el uso de radiaciones en aquellas prácticas en las que su empleo sea beneficioso, por ejemplo: radiodiagnóstico y radioterapia.

Control de las medidas de protección:

- Los elementos de protección como guantes, gabachas y lentes plomados deben ser usados cada vez que se exponga a un campo de radiaciones.
- Examen periódico del personal para detectar la aparición incipiente de lesiones por radiación. (análisis hematológicos).
- Disponer de sistemas de ventilación adecuados que permitan una evacuación eficaz de los gases o aerosoles producidos, evitándose su evacuación al ambiente mediante la instalación de filtros.
- Efectuar controles periódicos de la contaminación en la zona, los materiales y las ropas utilizadas.

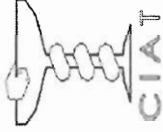
Referencias Bibliográficas:

- ◊ Lauwerys RR. (1999). Toxicologie Industrielle et Intoxications Professionnelles. Masson, Paris.
- ◊ Domínguez R., Crisolito J., (2001). Aspectos Radiológicos de la intoxicación por plomo. Arch-Pediatric. Uruguay.
- ◊ Ramírez, A. (2005). El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. Revista anales de la Facultad de Medicina. Perú. 57-70.
- ◊ Comisión de Salud Pública (1999). "Plomo". Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Madrid.
- ◊ Belloso, S (2011) Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala.

Elaborado por: Marylin Gabriela Castillo Mauricio
Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Departamento de Toxicología
"Julio Valladares Márquez"

Centro de Información y Asesoría Toxicológica CIAT
Laboratorio de Toxicología
3a Calle 6-47 zona 1, Ciudad de Guatemala
Teléfonos: (502) 22320735, 22300080, 22513560
ciat@intelnet.net.gt

Guatemala, noviembre 2012



Plomo Riesgos y efectos en la salud



Importancia de la seguridad radiológica

¿Qué es el plomo?

Es un metal gris azulado, distribuido en la tierra en un gran número de minerales. Debido a su gran resistencia a la corrosión tiene un amplio uso. Se encuentra

- Plomo metal
- Plomo inorgánico
- Plomo orgánico

Usos: El plomo tiene variedad de usos. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos de metal (soldaduras y cañerías) y en láminas de protección contra los rayos X. Debido a inquietudes sobre salud pública, la cantidad de plomo en pinturas y cerámicas y en materiales para calafatear y soldar se ha reducido considerablemente en los últimos años

Exposición Ocupacional:



Los problemas de salud causados por plomo suceden principalmente en la metalurgia primaria y secundaria y en minería extractiva, así como en la industria informal de fabricación de acumuladores eléctricos por extracción secundaria de plomo a partir de baterías recicladas.

A la enfermedad producida por exposición laboral a plomo se le llama saturnismo, que se define como el cuadro clínico caracterizado por síntomas y signos propios más indicadores biológicos de exposición compatibles. El diagnóstico no cabe en: 1. Ausencia de enfermedad manifiesta; y 2. Ausencia de exposición al plomo.



Vías de Penetración:

Vía Respiratoria: Es la vía de entrada más importante, penetrando por inhalación de vapores, humos y partículas del polvo. El grado de absorción por esta vía depende de la concentración ambiental en el puesto de trabajo, del tiempo de exposición, de la forma física y química del plomo inhalado, de factores personales (edad, tipo de ventilación), y de las condiciones de trabajo.



Vía Oral: Las partículas de polvo de plomo son ingeridas directamente a través de las manos, alimentos, bebidas o cigarrillos contaminados en el ambiente de trabajo.

Vía Cutánea:

La absorción por esta vía es débil en el caso de plomo inorgánico, mientras que el plomo orgánico es capaz de penetrar la piel intacta rápidamente.



Manifestaciones Clínicas:

- **Intoxicación Aguda:** cólico saturnino con dolor, vómitos, estreñimiento y oliguria.
- **Intoxicación Crónica:** Puede haber estreñimiento y molestias gastrointestinales, fatiga, modificaciones de humor, pérdida de memoria y, de la capacidad de atención, dolores musculares y articulares e insomnio.

Las exposiciones breves a niveles de plomo bajos o moderados pueden no causar síntomas específicos

Vías de eliminación del plomo:

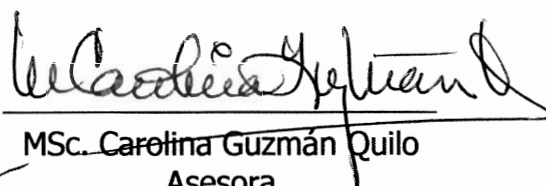
En el caso de baja exposición a plomo existe un equilibrio entre el aporte tóxico y la eliminación. El nivel depende no solamente del grado de exposición al plomo, sino también de la edad y de la integridad de órganos importantes para su metabolismo y eliminación, como el hígado y el riñón.

El plomo se excreta por diferentes vías, pero sólo la renal y la gastrointestinal son de importancia toxicológica. Se excreta fundamentalmente por orina (80%) y de forma secundaria por heces, sudor, saliva, faneras.





Br. Marylin Gabriela Castillo Mauricio
Autora



MSc. Carolina Guzmán Quiro
Asesora



MSc. Magda Hernández de Baldetti
Revisora



Licda. Lucrecia Martínez de Haase
Directora Escuela Química Farmacéutica



Dr. Oscar Cobar Pinto PhD
Decano