

1. RESUMEN

Las diversas y valiosas características de los metales han dado como resultado un uso extenso por parte de la industria. Estos materiales conllevan a su vez una amplia gama de posibles peligros para la salud en el ambiente laboral. El plomo es un metal que tiene variedad de usos en la actualidad: manufactura de baterías de almacenamiento, industrias químicas y de la construcción, blindaje radiológico, entre otros. En cuanto al blindaje radiológico, este metal es utilizado para proteger tanto las instalaciones en donde se realizan exámenes de diagnóstico mediante radiación (Rayos X), como para protección de personas expuestas a nivel laboral a radiaciones de este tipo mediante el uso de guantes, lentes y gabachas de plomo.

La presente investigación se generó con el propósito de evaluar el nivel de exposición a plomo en personas que laboran en centros de diagnóstico, para ello se realizó la medición de los niveles de concentración de plomo en sangre mediante el empleo del equipo analizador de plomo en sangre "LeadCare II"; el estudio se desarrolló en los centros de diagnóstico de cada uno de los cinco hospitales pertenecientes a la red hospitalaria privada, de los cuales se muestreó a 17 personas, con la previa firma del consentimiento informado de cada uno de los participantes.

Posteriormente, se evaluaron las condiciones de toma y revelado de las películas radiográficas con el fin de obtener mayor información sobre las posibles fuentes de exposición al metal y se observó que las personas que realizan directamente la toma y revelado de las películas radiográficas, no utilizan guantes, lentes y gabachas de plomo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 100% de las muestras analizadas presentaron un valor de plomo en sangre menor a 40 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre, el cual es el parámetro indicado por la Organización para la Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud (OSHA, por sus siglas en inglés) para las personas laboralmente expuestas al metal. Esos resultados concuerdan con el hecho de que las personas que laboran en dichos centros de diagnóstico, no se exponen laboralmente al plomo al no utilizar equipo de protección personal contra las radiaciones.

También se realizó y distribuyó entre el personal evaluado un tríptico informativo, que incluye información sobre los efectos y riesgos a la salud consecuencia de la exposición a radiación ionizante, rayos X.

2. INTRODUCCIÓN

El plomo es un metal que debido a sus propiedades como ductilidad, alta densidad y poca reactividad química, así como su fácil extracción, relativa abundancia y bajo costo, lo hacen una materia prima o componente fundamental en diversos procesos tecnológicos.

La exposición laboral a plomo es la más común de las exposiciones a metales, ya que tiene una amplia variedad de usos tanto a nivel industrial como a nivel clínico en el área de diagnóstico, entre los cuales se pueden mencionar: aditivo en la gasolina, revestimiento de cables, producción de tuberías, cisternas, protección de materiales expuestos a la intemperie, fabricación de municiones, pigmentos para pinturas y barnices, fabricación de cristales, esmaltado de cerámica, litargirio, soldadura de latas (Valvidia, 1995), blindaje radiológico que incluye vestimenta, protector de tiroides y anteojos plomados, entre otros. (Autoridad Regulatoria Nuclear, 2007); a raíz de esto ha aumentado en forma importante la concentración de este metal en el medio ambiente y por ende, la exposición laboral al plomo.

Debido a su elevada toxicidad, la intoxicación aguda por plomo suele ser fácil de detectar gracias a la variedad de síntomas gastrointestinales, hematológicos, neurológicos y, en casos graves, renales que suelen acompañarla; por el contrario, una intoxicación crónica y de bajo nivel como la que usualmente se encuentra entre las poblaciones, representa un mayor desafío en cuanto a su diagnóstico, ya que su sintomatología suele ser vaga y el grado de afectación puede variar entre los individuos; por ello, es importante realizar un monitoreo periódico de los niveles del metal en la sangre de las personas laboralmente expuestas para así, poder evitar consecuencias graves por la exposición al plomo.

La importancia de evaluar los niveles de plomo en sangre de las personas que laboran en centros de diagnóstico, específicamente en el área de radiología (rayos X) radica en confirmar o descartar el riesgo de intoxicación crónica, manteniendo informados a los trabajadores sobre su estado de salud y medidas preventivas para evitar dicha intoxicación.

3. ANTECEDENTES

3.1. Estudios realizados en Guatemala:

- 3.1.1. Girón, S. en el estudio de Tesis Ad Gradum de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, “Niveles de plomo en sangre en niños con bajo rendimiento escolar”, determinó que un 30% de los alumnos presentaban déficit visual y otras enfermedades de tipo respiratorio como causas de bajo rendimiento escolar. Los niveles sanguíneos de plomo encontrados no fueron mayores de 10 µg/dl por lo que no representaba ningún peligro inmediato para la salud, así como tampoco una relación causal directa entre estos y el bajo rendimiento escolar. (Girón, 2000)
- 3.1.2. En el estudio de Tesis Ad Gradum de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado por Trejo, C., “Contaminación por plomo causada por una industria recuperadora del metal y su impacto sobre las personas que residen en sus cercanías”, se demostró que las personas que vivían más cerca del lugar en donde se ubicaba la industria, presentaban mayor exposición al metal, ya que los casos de dicho grupo sobrepasaron los niveles permitidos de plomo en sangre, por lo que eran personas *ambientalmente expuestas*. (Trejo, 1998)
- 3.1.3. Benfeldt, I., en el estudio de Tesis Ad Gradum de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, “Incidencias de Saturnismo y sus causas en la población de Jalapa”, se demostró que las personas dedicadas a la elaboración de utensilios de cerámica con barniz a base de óxido de plomo se encontraban altamente expuestas a intoxicación por plomo; asimismo, la concentración de plomo en sangre en el grupo ocupacionalmente expuesto a plomo fue significativamente mayor que las concentraciones encontradas en el grupo vecino a las alfarerías y en el grupo control; en el agua potable de las cañerías del grupo ocupacionalmente expuesto se encontraron residuos de plomo, pero los mismos estaban dentro del límite establecido (100mg/l o ppm). (Benfeldt, 1987)

3.1.4. En el estudio de Tesis Ad Gradum de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado por Velásquez, S., “Saturnismo en Guatemala”, se concluyó que la aparición de síntomas clínicos de intoxicación crónica por plomo podían aparecer hasta después de años de acumulamiento, ocasionado por una lenta absorción y excreción del metal ya que en la mayoría de los casos, la concentración de plomo circulante en la sangre, fue proporcional al tiempo de exposición; en algunos casos, las personas buscan atención médica por diversos síntomas característicos de la intoxicación, habiéndose determinado una concentración sanguínea inferior a 60 $\mu\text{g}/100$ ml de sangre, pero superior al nivel normal de 50 μg de plomo/100 ml de sangre. (Velásquez, 1980)

3.2. Estudios realizados a nivel internacional:

3.2.1. Espinal, G. y Rodríguez, A. (2009) realizaron un estudio descriptivo y transversal denominado “Estimación de la población expuesta a plomo en el barrio de Villa Francisca, Santo Domingo“, considerándose características ambientales del sector, información demográfica, fuentes de emisión de plomo, niveles de plomo en sangre de niños y niveles de plomo ambiental; estas variables se relacionaron en el espacio geográfico del sector para determinar el área de influencia de las fuentes de emisión y así estimar el tamaño de la población expuesta. Al concluir la investigación, se determinó que el 36.5% de los niños presentó niveles sanguíneos de plomo elevados, relacionados directamente con la cercanía de talleres que trabajan con plomo; según el área de influencia de las fuentes de emisión identificadas se consideró que la población expuesta en el barrio era la población general, estimada en 23,103 habitantes. (Espinal y otros, 2009).

3.2.2. En el estudio realizado por Díaz, H., Guevara, M.E., Hernández, E., Ibarra, E.J. (2008), se estimaron las concentraciones de plomo en sangre en la población adulta de la ciudad de Pinar del Río (Cuba), su distribución y determinantes principales, siendo la muestra de 202 personas sanas en edad laboral de las áreas de salud de dicha ciudad y sin exposición

conocida a plomo y (o) sus compuestos), se estratificó uniformemente según sexo, hábito de fumar o no y área de residencia y trabajo; las muestras se tomaron en horas de la mañana y la concentración en plomo se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama aire-acetileno. La concentración media (aritmética) de plomo en sangre en la población fue de 4,74 $\mu\text{g/dL}$, las concentraciones en hombres fueron significativamente más altas que en mujeres y en fumadores que en no fumadores, pero no difirieron significativamente en cuanto al área de residencia y trabajo, por lo que los valores hallados no son indicativos de que el plomo pueda constituir, al menos en el presente, un problema comunitario medio ambiental y de salud de la población general de la ciudad de Pinar del Río. (Díaz y otros, 2008).

- 3.2.3. Ramírez, A. (2008) desarrolló su estudio “Exposición a plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías” en cuatro fábricas de baterías del sector informal en Perú. Comparando los resultados de los niveles de plomo sanguíneo de los trabajadores con variables de salud e higiene ocupacional con el fin de determinar la asociación entre plomo sanguíneo y síntomas de saturnismo, obtuvo como resultado que el promedio de plomo sanguíneo fue de 37.7 $\mu\text{g/dL}$ (rango: 13.5 a 72.3), encontrando una asociación estadística significativa entre el plomo sanguíneo elevado y síntomas de saturnismo ($p < 0.05$), trabajo como soldador-fundidor ($p < 0.001$) y malos hábitos de higiene ocupacional ($p < 0.05$).
- 3.2.4. Ben, S. y otros (2006), realizaron un estudio descriptivo en Uruguay, durante el año 2003, en una población trabajadora de una fábrica de acumuladores eléctricos (baterías); el valor obtenido de plomo en sangre durante la actividad laboral mostró que los todos los valores superaban el nivel máximo admitido para trabajadores expuestos -30 $\mu\text{g/dl}$ -. El valor de plomo luego de suspendida la exposición mostró una media que se mantuvo en ese límite (29.4 $\mu\text{g/dl}$), por lo que se concluyó que el porcentaje de descenso de la plumbemia en el período de un año sin exposición pudo ser interpretado como un indicador indirecto de la carga corporal y que los valores de plomo en sangre no mostraron correlación con la presencia de síntomas o signos clínicos, o ambos estudiados,

ni alteraciones hematológicas o bioquímicas características de la intoxicación por plomo. (Ben y otros, 2006)

- 3.2.5. El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) en su informe con No. de publicación 2001-113 (1998): “Evaluaciones de riesgo a la salud-Exposición ocupacional a plomo”, se presentó uno de los casos en el que se evaluó la exposición laboral a plomo y a otros metales; en un laboratorio de radiación de un hospital, los investigadores llevaron a cabo muestreo del aire, los resultados de los análisis para plomo variaron entre “no detectado” y 0.91 mg/m^3 de aire, por lo que todos estaban muy por debajo de los criterios establecidos de exposición ocupacional a plomo. (NIOSH, 1998)
- 3.2.6. En el estudio realizado por Corzo, G. y Naveda, R. (1998) titulado “Exposición ocupacional a plomo en unidades productivas en Maracaibo, Venezuela” se realizó un estudio médico ocupacional en 40 trabajadores pertenecientes a unidades productivas dedicadas a labores de telecomunicaciones, 22 a mecánica de radiadores de automóviles y 11 a reparación de acumuladores eléctricos; a quienes se les practicó historia médico ocupacional y se les determinó las concentraciones de plomo en sangre y en su medio ambiente laboral. Se evaluaron además 73 sujetos no expuestos ocupacionalmente a riesgos por plomo, sin antecedentes familiares patológicos y ocupacionales, sanos al momento del examen, a quienes se les determinó los niveles de plomo séricos. Los valores promedio de plumbemia en la población expuesta estuvieron por encima de $30 \text{ } \mu\text{g/dL}$ (técnicos en telecomunicaciones, $40, 10 \text{ } \mu\text{g/dl}$; mecánicos de radiadores, $37,40 \text{ } \mu\text{g/dl}$ y reparadores de acumuladores, $45,77 \text{ } \mu\text{g/dl}$) y fueron significativamente mayores que los de la población no expuesta ($16,75 \text{ } \mu\text{g/dl}$; $p < 0,0001$). (Corzo y Naveda, 1998).

4. JUSTIFICACIÓN

El plomo es un metal cuyos compuestos tanto orgánicos como inorgánicos constituyen en la actualidad el factor de riesgo químico para la salud de los trabajadores más conocido desde la antigüedad; esto debido a no sólo su toxicidad intrínseca sino también a la amplia variedad de usos sobre todo en procesos industriales donde su uso es extenso a pesar del conocimiento que se tiene sobre la toxicidad del mismo en la salud humana.

Se han realizado diversos estudios en donde se han puesto en evidencia los efectos que sobre la salud humana produce la exposición laboral al plomo, entre los cuales se encuentran alteraciones neurológicas, hematológicas, reproductivas y cancerígenas.

En cuanto a la exposición laboral, uno de los ámbitos de exposición a plomo en los que se han hecho pocos estudios, es en los centros de diagnóstico por rayos X, en donde las personas se protegen de la radiación mediante el uso de guantes y delantales a base de plomo, además del blindaje radiológico con plomo de las instalaciones en donde se realiza este tipo de trabajo, ya que este metal puede absorberse fácilmente por inhalación de polvo o vapores, lo que puede traer consecuencias tóxicas, tanto a corto como a mediano plazo, siendo algunas de estas, irreversibles.

Este trabajo de investigación genera información útil con relación a los niveles de plomo en sangre de trabajadores expuestos a plomo en áreas de rayos X y revelado de placas radiológicas de una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala.

5. OBJETIVOS

4.1. General

- 4.1.1. Evaluar el nivel de exposición a plomo en personas que laboran en centros de diagnóstico de una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala.

4.2. Específicos

- 4.2.1. Medir los niveles de plomo en sangre en trabajadores de las áreas de rayos X de los hospitales participantes.
- 4.2.2 Realizar un análisis descriptivo de los niveles de plomo en sangre en personas laboralmente expuestas.
- 4.2.3 Elaborar documentación informativa dirigida a los trabajadores sobre el riesgo y efectos a la salud por la exposición a la radiación.

6. HIPÓTESIS

Las personas que laboran en centros de diagnóstico presentan concentraciones de plomo en sangre superiores a $40\mu\text{g/dL}$.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Población

Personas que laboran en el área de rayos X de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala, específicamente en el área de rayos X.

7.2. Materiales

7.2.1. Recursos Humanos:

- 7.2.1.1. Autora: Br. Sara Ester Bellosa Archila
- 7.2.1.2. Asesora: Licda. Carolina Guzmán Quilo
- 7.2.1.3. Revisora: Licda. Magda Hernández de Baldetti
- 7.2.1.4. Estadística: Lic. Federico Nave

7.2.2. Recursos Institucionales:

- 7.2.2.1. Centro de Información y Asesoría Toxicológica -CIAT-, Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 7.2.2.2. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala: Material de referencia bibliográfica.
- 7.2.2.3. Biblioteca de la Universidad de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala: Material de referencia bibliográfica.
- 7.2.2.4. Biblioteca de la Universidad del Valle 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 lila con anticoagulante EDTA, capacidad 5 cc.
- Tubos del reactivo de tratamiento

7.3. Métodos

7.3.1. Procedimiento de análisis:

7.3.1.1. Los participantes en el estudio firmaron la boleta de consentimiento informado respectiva (Anexo No. 2).

7.3.1.2. Se colectaron 5 ml de sangre utilizando jeringas descartables de 5 cc y tubos de ensayo con EDTA como anticoagulante, las muestras se mantuvieron en baño de hielo, hasta llevar a cabo la prueba.

7.3.1.3. Preparación de la muestra:

7.3.1.3.1. Etiquetar el (los) tubo (s) con *reactivo de tratamiento* con la identificación correspondiente de número de muestra.

7.3.1.3.2. Mantener el tubo capilar heparinado de manera casi horizontal, con la banda verde en la parte superior, llenarlo hasta la línea negra 50 μ L; el llenado termina cuando la muestra alcanza la línea negra.

- 7.3.1.3.3. 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.
- 7.3.1.3.4. 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.
- 7.3.1.3.5. Retirar la tapa del tubo de reactivo de tratamiento y colocarla hacia arriba sobre un apósito limpio de gasa.
- 7.3.1.3.6. Colocar el tubo capilar completo en el tubo del *reactivo de tratamiento*.
- 7.3.1.3.7. Insertar el émbolo en la parte superior del tubo capilar y dispensar el volumen entero en el reactivo de tratamiento.
- 7.3.1.3.8. 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.

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

- 7.3.1.4.1. Retirar el sensor del recipiente de sensores, cerrar el recipiente inmediatamente; tomar el sensor por el extremo sin las barras negras.
- 7.3.1.4.2. 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 0018A
- 7.3.1.4.3. Comprobar que el número de lote del sensor coincide con el número de lote de la pantalla.
- 7.3.1.4.4. Comprobar que la mezcla de la muestra está a temperatura ambiente y que se ha mezclado uniformemente antes de realizar el análisis.
- 7.3.1.4.5. Retirar la tapa del tubo.
- 7.3.1.4.6. Retirar un cuentagotas de transferencia de su recipiente, apretar las paredes del cuentagotas e insertar la punta en la muestra.
- 7.3.1.4.7. Liberar la presión para absorber la muestra en el cuentagotas.
- 7.3.1.4.8. Tocar la punta del cuentagotas con la “X” en el sensor y apretar las paredes del cuentagotas para distribuir la muestra.

7.3.1.4.9. El analizador emitirá un *pitido* y mostrará el mensaje

TESTING

XXX SECONDS TO GO

SENSOR LOT 0018A

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

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

7.3.1.4.12. Retirar el sensor utilizado.

7.3.1.4.13. Desechar los materiales en un *recipiente para productos biopeligrosos* apropiado.

7.3.1.4.14. 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 µg/dL.

7.4. Diseño de la investigación:

7.4.1. Muestra

Se incluyó a todos los elementos, siempre y cuando estos cumplieran con los criterios de inclusión definidos a continuación, debido a ser un número reducido.

- Criterios de inclusión:
 - Ambos sexos
 - Mayores 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 el consentimiento informado

- Criterios de exclusión :
 - Mujeres embarazadas.
 - Trabajadores mayores de 60 años.

- Trabajadores de lugares no relacionados con los hospitales participantes.

7.4.2. *Análisis de datos:*

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

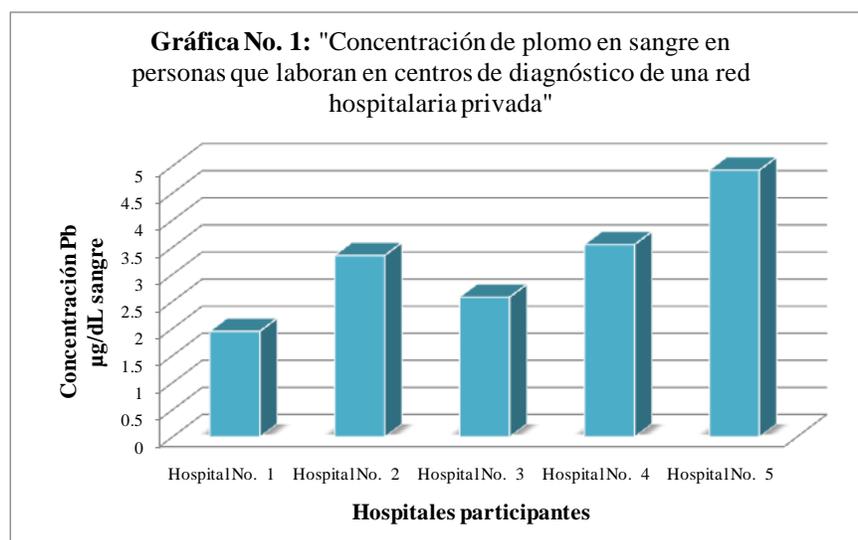
- De los valores obtenidos de plomo en sangre, se reportó el promedio \pm desviación estándar, mediana y rango.
- Los resultados obtenidos se agruparon y analizaron con relación a sexo, edad y tiempo de laborar en el área de rayos X.

8. RESULTADOS

8.1 **Tabla No. 1:** “Concentración de plomo en sangre en personas que laboran en centros de diagnóstico de una red hospitalaria privada”

| Hospital | Código de muestra | Concentración Pb $\mu\text{g/dL}$ sangre | Promedio Concentración de Pb ($\mu\text{g/dL}$ sangre) por Hospital |
|------------------------|-------------------|--|--|
| No. 1 | 1-1 | 1.1 | 1.9 |
| | 1-2 | 1 | |
| | 1-17 | 1.5 | |
| | 1-18 | 4.2 | |
| No. 2 | 2-3 | 5.7 | 3.4 |
| | 2-4 | 1 | |
| No. 3 | 3-5 | 1.1 | 2.6 |
| | 3-6 | 1.2 | |
| | 3-7 | 6.1 | |
| | 3-8 | 1 | |
| No. 4 | 3-9 | 3.5 | 3.6 |
| | 4-11 | 3 | |
| No. 5 | 4-12 | 4.1 | 4.9 |
| | 5-13 | 6.2 | |
| | 5-14 | 6 | |
| | 5-15 | 1 | |
| | 5-16 | 6.5 | |
| PROMEDIO | | | 3.2 |
| DESVIACIÓN STD. | | | 2.2 |
| MEDIANA | | | 3 |
| RANGO | | | 1 - 6.5 |

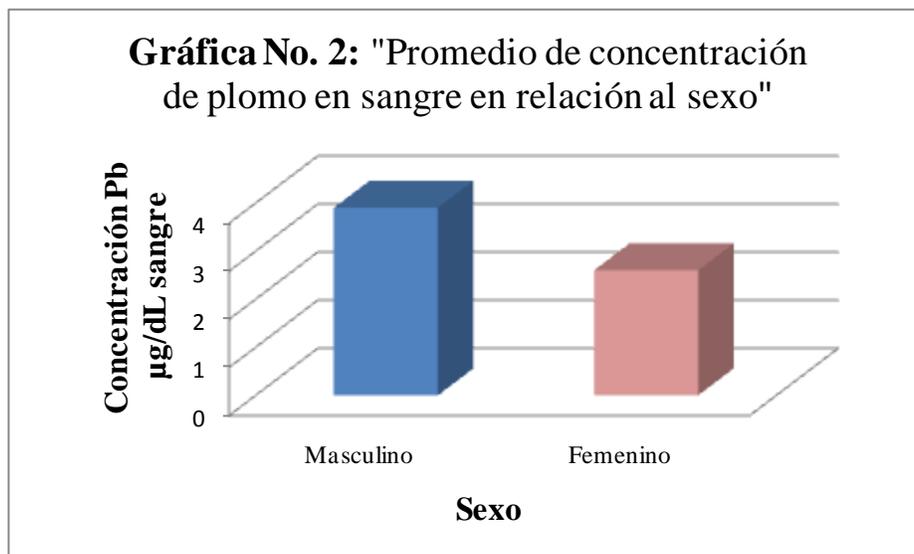
Fuente de datos: *experimentales*



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

| Sexo | No. de personas | Porcentaje | Promedio Concentración Pb $\mu\text{g/dL}$ sangre |
|--------------|-----------------|------------|---|
| Masculino | 8 | 47% | 3.9 |
| Femenino | 9 | 53 % | 2.6 |
| TOTAL | 17 | 100% | |

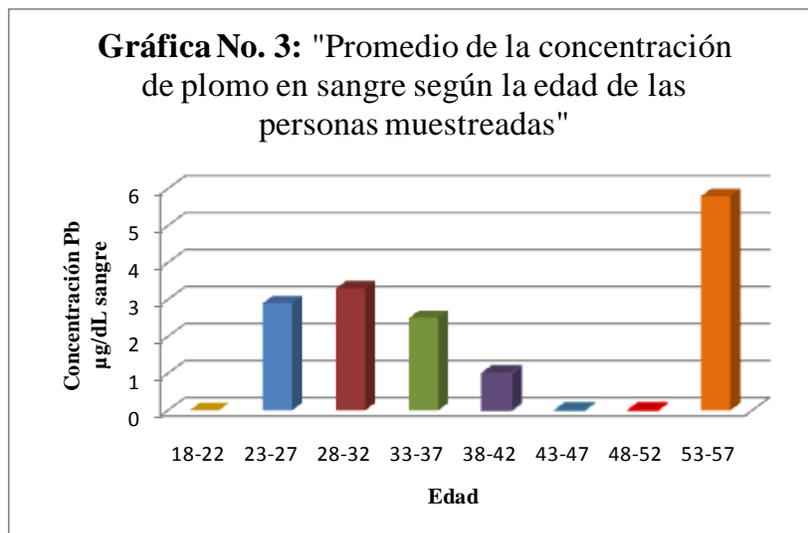
Fuente de datos: *experimentales*



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

| Edad (años) | No. de personas | Promedio Concentración Pb $\mu\text{g/dL}$ sangre |
|--------------|-----------------|--|
| 18-22 | 0 | 0 |
| 23-27 | 5 | 2.9 |
| 28-32 | 6 | 3.3 |
| 33-37 | 3 | 2.5 |
| 38-42 | 1 | 1 |
| 43-47 | 0 | 0 |
| 48-52 | 0 | 0 |
| 53-57 | 2 | 5.8 |
| TOTAL | 17 | |

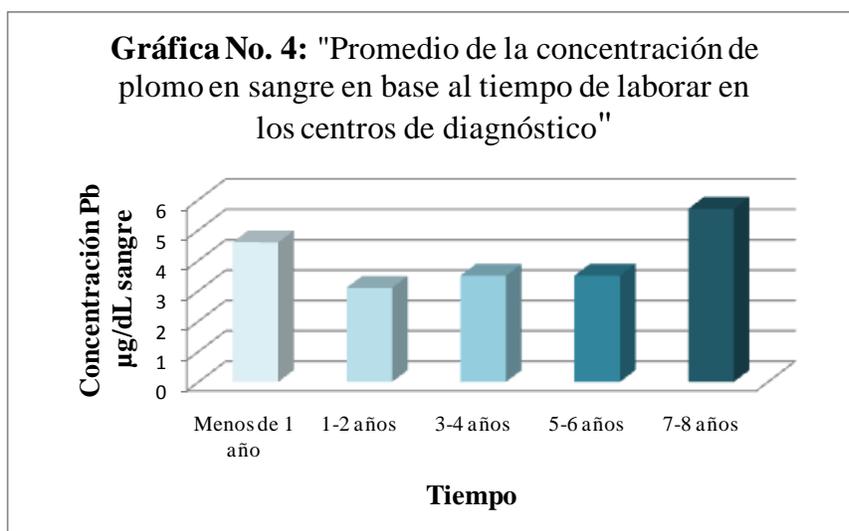
Fuente de datos: *experimentales*



8.4 **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 $\mu\text{g/dL}$ sangre |
|----------------|-----------------|---|
| Menos de 1 año | 6 | 4.6 |
| 1-2 años | 3 | 3.1 |
| 3-4 años | 4 | 3.5 |
| 5-6 años | 3 | 3.5 |
| 7-8 años | 1 | 5.7 |
| TOTAL | 17 | |

Fuente de datos: *experimentales*



8.5 Se elaboró un tríptico informativo sobre el riesgo y efectos de la radiación ionizante (Rayos X) sobre la salud humana. (Anexo No. 3)

9. DISCUSIÓN

Para la determinación de la concentración de plomo en sangre de las personas que laboran en centros de diagnóstico en una red hospitalaria privada ubicada en la ciudad de Guatemala, se gestionó el permiso respectivo en cada uno de los hospitales pertenecientes a la red hospitalaria así como la autorización para la extracción de muestra de sangre de cada una de las personas que participaron en el estudio mediante la firma de consentimiento informado, el cual incluía la solicitud de datos personales, además de información complementaria como: tiempo de laborar en centros de diagnóstico y tiempo de laborar en el centro de diagnóstico en donde estaba laborando, horario de trabajo así como el padecimiento de alguna enfermedad.

Con respecto a la exposición laboral, el conocimiento del grado de exposición al plomo en áreas de producción del mismo, fundición y fábricas de baterías están bien documentados; sin embargo, el conocimiento sobre la exposición a plomo en profesionales y personas que laboran en área de salud, específicamente en el área de diagnóstico, es deficiente; por lo que la tasa de exposición crónica al mismo, es desconocida; la Organización para la Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud (OSHA, por sus siglas en inglés) requiere que la concentraciones en trabajadores expuestos se mantengan por debajo de 40 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre.

En los resultados obtenidos en general, las 17 personas que formaron parte de la población analizada, presentaron valores de plomo en sangre $<10 \mu\text{g Pb/dL}$ sangre, lo que indica que están por debajo de la concentración límite establecidas por la Organización para la Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud (OSHA, por sus siglas en inglés); se ha documentado que bajas concentraciones de plomo en sangre ($<10 \mu\text{g Pb/dL}$ sangre) pueden provocar daños en el oído, deterioro cognitivo, crecimiento y riesgo de hipertensión. (Currie y otros, 2008)

Según la tabla de resultados No. 1, la media o promedio de concentración de plomo en sangre fue de 3.2 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre, siendo de 1.0 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre la concentración mas baja y 6.5 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre la concentración mas alta; en cuanto al promedio de concentración de plomo por centro de diagnóstico muestreado, se obtuvo que las personas que laboran en el

Centro de Diagnóstico No. 5 poseen una concentración más alta de plomo en sangre en comparación con los otros centros de diagnóstico, seguido por el Centro de Diagnóstico No. 4, No. 2, No. 3 y No. 1, pero aún en valor normal.

En la tabla de resultados No. 2, se realizó una comparación de niveles de plomo en sangre con relación al sexo; el 47% de la población correspondió al sexo masculino, que obtuvo un valor promedio de 3.9 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre en comparación con el 53% de sexo femenino, que obtuvo un valor promedio de 2.6 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre.

En cuanto a la relación edad – concentración de plomo en sangre de las personas que laboran en los centros de diagnóstico de los hospitales participantes, se determinó que la mayor parte de la población estaba comprendida entre las edades de 28-32 años de edad equivalente al 35% (según lo indica la tabla de resultados No. 3), obteniendo un valor en promedio de 3.3 $\mu\text{g Pb/dL}$, seguido del 29% comprendida entre las edades de 23-27 años, las cuales presentaron una concentración en promedio de 2.9 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre; el 18% de la población estaba comprendida entre las edades de 33-37 años de edad obteniendo un promedio de concentración de 2.5 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre. El promedio de concentración mas alto se obtuvo en las personas comprendidas entre los 53-57 años, las cuales representan al 12% de la población; por el contrario, el valor mas bajo, se obtuvo en el rango de edad de 38-42 años, el cual representaba al 6% de la población evaluada.

Por último, se evaluó la concentración de plomo en sangre en comparación con el tiempo de laborar en los centros de diagnóstico de los hospitales participantes, obteniendo que la mayor parte de la población evaluada tenía menos de 1 año de laborar en el mismo centro de diagnóstico pero más de 1 año en diagnóstico radiológico, representando el 35% (según tabla de resultados No. 4); en cuanto al promedio de concentración de plomo en sangre, el valor mas alto se obtuvo la parte de la población que llevaba laborando 7-8 años en el mismo centro de diagnóstico, el cual representaba al 6% de la población evaluada. Es importante mencionar que la mayor parte de las personas se encuentran en la clasificación de “menos de 1 año” de laborar en el centro de diagnóstico ya que muchos de ellos habían rotado de hospital, es decir que cada

cierto período de tiempo pueden ser trasladados a otro centro de diagnóstico de otro hospital, siempre perteneciente a la red hospitalaria.

Durante el desarrollo de la investigación y luego de obtenidos los resultados, se evaluaron posibles fuentes de exposición al metal: primero, se observó que en los lugares en donde toman los rayos X, efectivamente existe una barrera protectora plomada con su respectiva ventana para monitorear el proceso de rayos X; sin embargo, se observó que tres de los cinco centros de diagnóstico (no fue posible en los otros debido a que no había paciente en el momento de realizar la recolección de las muestras), que el personal no utiliza la protección que cita la literatura, que incluye: protector de gónadas, gabachas, lentes y guantes plomados; 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 sumamente perjudicial para la salud, pudiendo provocar efectos irreversibles en las personas laboralmente expuestas a la radiación.

Asimismo, se evaluó la posible exposición al metal en la fase de revelado de las placas de rayos X, para ello se observó la forma en la que el personal revelaba las placas, determinándose que el lugar en el que realizan el revelado carece de sistema adecuado de ventilación, además, el personal no utiliza mascarilla o algún equipo que lo proteja de la exposición a vapores tóxicos, ya que algunos de los reactivos utilizados en el revelado, contienen compuestos altamente nocivos para la salud. Los reactivos para el revelado de las placas radiográficas están divididos en dos partes principales: a) Fijador, que incluye compuestos como: ácido acético, tiosulfato de amonio, alumbre de potasio, sulfito de sodio, acetato de sodio, ácido bórico/sales, agua; b) Revelador, que incluye: hidroquinona, ácido acético-dietilenglicol (10:25), fenidona, carbonato de sodio, sulfito de sodio, bromuro de potasio, quelatos y glutaraldehído.

La comparación de niveles de concentración de plomo en sangre se realizó entre los centros de diagnóstico de la red de hospitales participantes, comparando factores como sexo, edad, tiempo de laborar en el centro de diagnóstico, todos los valores obtenidos fueron muy inferiores a 40 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre por lo que no existe exposición laboral a plomo en dichos centros de diagnóstico. Esto es razonable en virtud que no utilizan el equipo de protección a base de plomo.

Por tratarse de una profesión u oficio en la que las personas están expuestas a radiaciones por sustancias tóxicas, es de mucha importancia que conozcan sobre el riesgo de las mismas y efectos que pueden provocar sobre la salud; por lo que un trifoliar informativo al respecto brinda un aporte a la prevención de la exposición a dichas radiaciones, ya que teniendo el conocimiento sobre el tema, las personas podrán tomar las medidas necesarias para evitar este tipo de exposición.

10. CONCLUSIONES

- 10.1. Las personas que laboran en las áreas de rayos X de los centros de diagnóstico de la red de hospitales evaluados en este estudio, presentan valores de plomo en sangre dentro del rango normal bajo, encontrándose todos por debajo de los 10 $\mu\text{g Pb/dL}$ sangre.
- 10.2. El 100% del personal observado en la toma de rayos X, no utiliza equipo de protección personal (gabachas, guantes, lentes plomados) durante el proceso de toma de la película radiográfica.
- 10.3. En general, no existe exposición laboral significativa al plomo, mas si existe exposición laboral a otros compuestos altamente nocivos para la salud del trabajador, tales como rayos X y los componentes de los reactivos de revelado.
- 10.4. Se constató la necesidad de difundir, entre el personal, información mediante un trifoliar informativo sobre el riesgo que representan para la salud las radiaciones ionizantes y como protegerse de ellas.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1. Repetir este estudio en los mismos hospitales al menos un año después de tomar las medidas de prevención y el uso de guantes, mascarillas y gabachas plomadas.
- 11.2. Programar charlas informativas para personal que está laboralmente expuesto a la radiación, para concientizar sobre los efectos de la radiación en la salud así como el de la protección personal adecuada para este fin.
- 11.3. Evaluar la disposición, estado y uso del equipo de seguridad personal radiológico, con el fin de determinar si está aún en las condiciones requeridas para cumplir con su objetivo.
- 11.4. Realizar un estudio sobre la exposición ocupacional a compuestos químicos orgánicos como solventes, e inorgánicos como tiosulfato de amonio, alumbre de potasio, sulfito de sodio, bromuro de potasio, entre otros; así como las condiciones de manejo de los mismos, en personas que laboran en centros de diagnóstico.
- 11.5. Replicar este estudio en otros hospitales del país, tanto públicos como privados.

12. REFERENCIAS

- 12.1. Beers, M., Berkow, R. (1999). *El manual Merck de diagnóstico y tratamiento*. (10° ed.). España: Elsevier.
- 12.2. Ben, S., González-San Martín, R., Laborde, A., Sponton, F., Tortorella, M. (2006). Estudio epidemiológico de una población expuesta laboralmente a plomo. *Revista Médica del Uruguay*. 22, 287-292.
- 12.3. Benfeldt, I.L. (1987). Incidencias de saturnismo y sus causas en la población de Jalapa. Tesis de Grado para optar al Título de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- 12.4. Bennett, J., Plum, F. (1997). *Cecil: tratado de medicina interna (Volumen I, 5° ed.)*. España: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- 12.5. Bushong, S. (2010). *Manual de radiología para técnicos: física, biología y protección radiológica*. España: Elsevier-Mosby.
- 12.6. Calabuig, G. (2004). *Medicina legal y toxicología*. (6° ed). Barcelona, Masson, S.A.
- 12.7. Capítulo 18: Rayos X, Curso de protección radiológica nivel técnico. (2007). Buenos Aires: Autoridad Regulatoria Nuclear.
- 12.8. Chávez, H., Garza, A., Soto, E., Vega, R. (2005). Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo. *Revista Salud Mental*, 28(2), 48-50.
- 12.9. Corzo, G. y Naveda, R. (1998). Exposición ocupacional a plomo en unidades productivas en Maracaibo, Venezuela. *Maracaibo: Investigación Clínica*, 39(3), 163-173.
- 12.10. Currie, G., Stevenson, S., Wheat, J. (2008). Chronic Lead Exposure in Nuclear Medicine. *The Internet Journal of Nuclear Medicine*, 5(1).
- 12.11. Cunningham, G. (2007). Lead- Toxicity and assessment in General Practice. *Australian Family Physician*, 36 (12).
- 12.12. Dreisbach, R. (1984). *Manual de toxicología clínica*. (5° ed.). México: Editorial El Manual Moderno.
- 12.13. Díaz, H., Guevara, M.E., Hernández, E., e Ibarra, E.J. (2008) Concentraciones de plomo en sangre total en la población comunitaria adulta de la ciudad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba: Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

- 12.14. España, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2001). Determinación de plomo en sangre-Método Delves/Espectrofotometría de absorción atómica.
- 12.15. Espinal, G y Rodríguez, A., (2009). Estimación de la población expuesta a plomo en el barrio de Villa Francisca, Santo Domingo. *Ciencia y Sociedad*, 34, 287-310.
- 12.16. Girón, S.B. (2000). Niveles de plomo en sangre en niños con bajo rendimiento escolar. Tesis de Grado para optar al Título de Médico y Cirujano. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- 12.17. Herman, D., Geraldine, M. (2007). Evaluation, Diagnosis and Treatment of Lead Poisoning in a Patient with Occupational Lead Exposure; A Case Presentation. *Journal of Occupational Medicine Toxicology*, 2 (7).
- 12.18. Hurtarte, R. (1995). Contaminación por plomo y cuantificación de su toxicidad en trabadores de la industria de acumuladores de la ciudad de Guatemala: determinación de sangre en plomo en trabajadores de una industria y su comparación con un grupo control. Trabajo de investigación para optar al Grado Académico de Bachiller Bilingüe en Ciencias y Humanidades. Colegio Metropolitano. Guatemala.
- 12.19. Ladou, J. (1999). *Medicina laboral y ambiental* (2°ed.). México: El manual moderno.
- 12.20. Ladron, J., Moya, V. (1995). *Toxicología médica, clínica y laboral*. (1°ed.). España: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- 12.21. Lawerys, R. (1994). *Toxicología industrial e intoxicaciones profesionales*. Barcelona: Masson, S.A.
- 12.22. Peña, L., Arroyave, C., Aristizábal, J. & Gómez, U. (2010). *Toxicología clínica: fundamentos de medicina* (1°ed.). Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas-CIB-.
- 12.23. Ramírez, A. (2008). Exposición a plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías. *Anales de la Facultad de Medicina de Perú*, 69(2), 104-7
- 12.24. Rodés, J., Guardia, J. (1997). *Toxicología clínica y enfermedades por agentes físicos*. (Tomo II). Barcelona: Masson, S.A.
- 12.25. Trejo, C.M. (1998). Contaminación por plomo causada por una industria recuperadora del metal y su impacto sobre las personas que residen en sus cercanías. Tesis de Grado

- para optar al Título de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- 12.26. United States, Department of Health and Human Service, Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. (2009). Reducing exposure to lead and noise at indoor firing ranges. Publication No. 2009–136. Cincinnati, OH.
- 12.27. United States, Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. (1990). Lead standard, 20 CFR 1910.1025 (Revised). Washington, DC: US Government Printing Office.
- 12.28. Valvidia, M. (1995). Intoxicación por plomo. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. 8 (1). 22-26.
- 12.29. Vargas, E. (2008). Medicina forense, toxicológica y laboral, Medicina y ciencias forenses para médicos y abogados (1°ed.). México: Editorial Trillas.
- 12.30. Velásquez, S.G. (1980). Saturnismo en Guatemala. Tesis de Grado para optar al Título de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

13. ANEXOS

13.1. Anexo No. 1: “*Toxicología del Plomo*”

13.1.1. Consideraciones generales

El plomo es un metal azul gris suave, maleable, caracterizado por su alta densidad y resistencia a la corrosión, se genera en muchos minerales con concentraciones de 1 a 11% (Ladou, 1999), presenta un aspecto brillante al corte, pero se oxida rápidamente tomando un aspecto mate, es muy dúctil y maleable, funde a 327°C y hierve a 1.525 °C, al fundir emite vapores que son tóxicos. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, siendo el sulfuro de plomo o *galena* su forma más frecuente de presentación (Calabuig, 2004).

El plomo no tiene una función biológica útil en el hombre. La liberación de plomo en el ambiente por emisiones de automóviles, pintura vieja y combustión de carbón, así como su bioacumulación subsecuente en muchos organismos, entre ellos el hombre, tiene grandes implicaciones de salud pública. (Ladou, 1999)

13.1.2. Etiología

El plomo en el medio ambiente puede provenir de fuentes naturales y humanas. Las fuentes naturales comprenden el desgaste geológico y las emisiones volcánicas y las humanas se relacionan con los diversos usos industriales del plomo. Su producción mundial anual es de aproximadamente 4.1 millones de toneladas. (Peña y otros, 2010)

Es uno de los siete metales del mundo antiguo, su descubrimiento data de unos 40000 a.C. Su uso a gran escala se dio con los romanos, que lo usaron en la construcción de acueductos, utensilios de cocina, cerámica, como saborizante y preservante del vino (acetato de plomo o azúcar de plomo. (Peña & otros, 2010)

El empleo industrial del plomo, así como de sus aleaciones con el antimonio y el estaño, se remonta a los tiempos más antiguos; es una de las intoxicaciones profesionales ya descritas en los textos de la antigüedad por la escuela de Hipócrates y Plinio. (Calabuig, 2004)

13.1.3. Fuentes de exposición al plomo

El plomo metálico se utiliza en una gran cantidad de actividades industriales, como la fabricación de municiones, latón y bronce, soldadura, galvanizado templado y plateado, industria automotriz (celdas de batería, radiadores). Las actividades laborales con mayor riesgo son la fundición primaria (extracción del metal de minerales de plomo como la galena) y la secundaria (reciclaje de metales de desecho, como las baterías de los automotores), la refinación del metal, fabricación de baterías, plásticos, pulido y refinado de metales, demolición de edificios, destrucción de buques viejos y vías férreas, fabricación y uso de pinturas (principalmente el rojo de plomo) barnices y esmaltes para cerámicas, trabajo ornamental en hierro, reparación de radiadores. El plomo es la primera causa de intoxicación ocupacional en el mundo. La producción de baterías en el medio es una importante fuente de exposición. (Peña, 2010)

A partir de la contaminación del ambiente (agua, suelo, aire) por el plomo, se puede encontrar otra fuente potencial de intoxicación para las personas, proveniente de los animales y plantas expuestas al metal. (Peña, 2010)

Otra fuente de exposición para el plomo la representan los proyectiles de arma de fuego retenidos en sitios como articulaciones y serosas. (Peña, 2010)

El origen de la intoxicación en adultos lo constituye el plomo inhalado en el ambiente ocupacional contaminado. Pero también lo puede ser el plomo ingerido cuando se come o se fuma en el medio de trabajo, sin formas de higiene adecuadas.

Otra fuente la constituye el plomo liberado por alimentos ácidos servidos en cerámica que contiene el metal como componente. (Vargas, 2008)

La intoxicación puede ser de forma infrecuente, aguda (ingestión masiva de un compuesto que contenga plomo, minio o plomo de hilo de pescar) y frecuentemente crónica (saturnismo) que se inicia con clínica más o menos florida. (Rodés, Guardia, 1997)

Se distinguen tres posibles fuentes de intoxicación: (Calabuig, 2004).

Plomo metal

Sólo es tóxico cuando se funde a temperaturas próximas a los 500°C. Los vapores que emite son tóxicos y si penetran las vías respiratorias alcanzan fácilmente los alveolos.

Los vapores se oxidan rápidamente, haciéndose poco solubles. Según su peso y contenido en agua, quedarán más o menos tiempo en suspensión en el aire, para finalmente, caer en el suelo. Esta es la forma fundamental de contaminación ambiental.

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 el 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.

13.1.4. Toxicocinética

13.1.4.1. Absorción

El plomo puede penetrar en el organismo por tres vías: *respiratoria, digestiva y cutánea.*

- *Vía respiratoria*: es la más importante en el medio laboral; por ella se inhalan humos, vapores y polvos. Las partículas inhaladas suelen ser submicrómicas, de ahí que penetren fácilmente hasta el alveolo y sean retenidas. Se calcula que el 50% de las partículas inhaladas son retenidas y de éstas se absorberá el 90%. (Calabuig, 2004)
- *Vía digestiva*: por esta vía se producen las intoxicaciones agudas en casos de suicidio, contaminaciones alimenticias, etc., aunque ello resulta excepcional en nuestros días. La ingestión de plomo tiene dos orígenes: a) la ingestión de alimentos contaminados en la cadena de polución; como resultado de una mala higiene personal, por comer o fumar con las manos sucias del trabajo, o por el caso de la “pica” en niños que chupan paredes u objetos pintados con colorantes plúmbicos, y b) la deglución del plomo inhalado y que quedó retenido en el moco de la nasofaringe y bronquios. (Calabuig, 2004)

Este plomo que penetra por vía digestiva (a excepción del acetato de plomo) es insoluble, de ahí que la absorción sea muy escasa; se estima que puede oscilar entre un 5 y 10% del ingerido. En casos especiales (niños enfermos del aparato digestivo o dietas que alteran la solubilidad del plomo) podría aumentar la absorción hasta el 25%. En sujetos normales la cantidad de plomo eliminado por las heces puede alcanzar hasta el 95% del total ingerido, lo que representa de 200 a 500 $\mu\text{g}/\text{día}$. Cifras superiores a 500 $\mu\text{g}/\text{día}$ supondrían una ingesta excesiva de plomo. (Calabuig, 2004)

- *Vía cutánea*: 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. (Calabuig, 2004)

13.1.4.2. *Distribución y metabolismo*

Una vez absorbido, el plomo pasa a la sangre. El 90% del plomo circulante está ligado a los hematíes. En las personas no expuestas, este plomo alcanza una cifra de 5 a 15 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Ladou, 1999). Su vida media es de unos 35 días. Este compartimento central está en contacto directo con las vías de absorción y excreción renal, y con los otros dos

compartimentos, con los que mantiene una situación de equilibrio. Además de este plomo ligado al hematíe, hay otra fracción sérica unida a las proteínas ricas en azufre. (Calabuig, 2004)

El segundo compartimento lo forman los tejidos blandos, principalmente riñón e hígado; en él se contienen 0.3-0.9 mg de plomo. Su vida media biológica es de 40 días. (Calabuig, 2004)

El tercer compartimento lo constituye el hueso, que contiene el 90% del plomo almacenado en el organismo. El plomo sigue los movimientos del calcio en lo que a su depósito y movilización del hueso se refiere. Inicialmente el hueso se comporta como un compartimento tipo II, del que el plomo puede movilizarse para pasar a la sangre. Después el plomo se fija al hueso, del que resulta muy difícil su movilización al formar compuestos muy estables. Las zonas óseas donde el plomo se deposita con preferencia son las más activas metabólicamente, como las metáfisis y las epífisis. Este almacenamiento óseo es importante porque, en situaciones patológicas de acidosis, descalcificación, dieta, etc., puede movilizarse calcio del hueso, y entonces el plomo se movilizará con él, produciéndose cuadros agudos de intoxicación. (Calabuig, 2004)

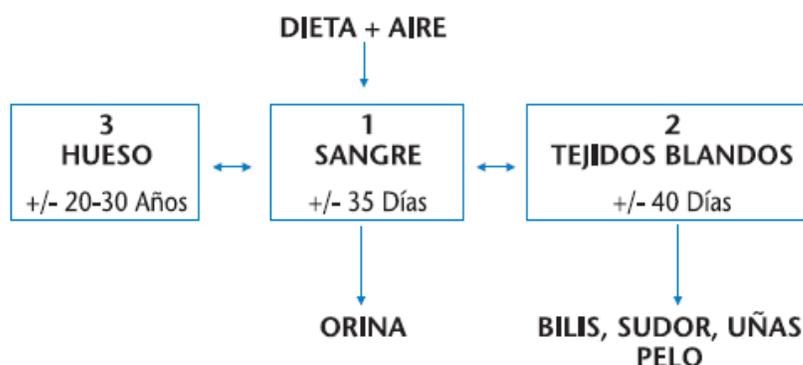


Figura No. 1 Distribución del plomo, modelo de los tres compartimentos en el organismo humano.

13.1.4.3. Excreción

El plomo se excreta fundamentalmente por orina (80%) y de forma secundaria por heces, sudor, saliva y faneras. En una persona no expuesta laboralmente, el balance absorción/excreción debe ser “cero” o ligeramente positivo. 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. Estos hechos pueden sufrir modificaciones importantes, sobre todo por el plomo que penetra por vía digestiva, ya que del 5 al 10%, que es la proporción que se absorbe normalmente, se puede pasar al 50% en caso de niños o cuando la dieta es baja en calcio, hierro o zinc. Las vitaminas D y E también pueden modificar la absorción y, en consecuencia, la excreción. La leche, que se venía administrando de forma empírica a los obreros para impedir la absorción de plomo, se ha comprobado que produce efectos contrarios y contribuye a la absorción. (Calabuig, 2004)

13.1.5. Mecanismo de acción o toxodinamia

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 está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: (Valdivia, 2005)

- Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos 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 más ávidamente que el calcio, ésta 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 en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. (Valdivia, 2005)

A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de Fanconi, con aminoaciduria, glucosuria, e hipofosfatemia, sobretodo en aquellos con plumbemias altas. (Valdivia, 2005)

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como se explicó previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal. (Valdivia, 2005)

El plomo depositado en el hueso es importante por tres razones: (Valdivia, 2005)

1. En el hueso se realiza la medición más significativa de exposición acumulada al plomo.
2. El hueso es reservorio del plomo (95% del plomo corporal total está en el tejido óseo) y puede aumentar en sangre cuando existan procesos fisiológicos ó patológicos que provoquen resorción ósea como embarazo, lactancia, hipertiroidismo, inmovilización, sepsis, etc.
3. También es órgano blanco, ya que el plomo altera el desarrollo óseo.

13.1.5.1. *Acción sobre el músculo liso:*

En músculo liso, el plomo estimula la contracción mantenida de la fibra muscular lisa. Este efecto se explica, parcialmente por la competencia con el Ca^{2+} , tanto en el axón nervioso, como en el músculo liso. La ausencia de sarcolema de esta fibra marcaría su diferencia en la respuesta al Pb^{2+} con respecto al músculo estriado y miocardio. La contracción de la fibra muscular lisa conduce a un aumento de la tensión arterial, constipación hipertónica con accesos diarreicos y cólicos, glomérulo-tubulopatía por arteriolosclerosis, encefalopatía hipertensiva, etc. (Ladron & Moya, 1995)

13.1.5.2. *Inhibición enzimática:*

Los efectos acomplejantes para el plomo sobre grupos oxo y tiol explican su capacidad para inhibir distintos grupos enzimáticos. Posiblemente, la interferencia con el Zn^{2+} , aunque menos intensa que para el Ca^{2+} , juega un importante papel en la inhibición de metaloenzimas. Entre los grupos enzimáticos más intensamente inhibidos, se cuentan los encargados de la síntesis del grupo Hem, lo que produce alteraciones en la eritropoyesis y metabólicas. También la 5—nucleotidasa, enzima responsable de la degradación del ARN, es intensamente inhibida, lo que explica la acumulación de éste,

en forma de gránulos basófilos, en el interior de los hematíes. En intoxicaciones crónicas graves de larga evolución se ha demostrado una reducción de la actividad de las colinesterasas, con el aumento paralelo de la actividad colinérgica. (Ladron & Moya, 1995)

13.1.5.3. *Alteración de la hematopoyesis:*

El plomo inhibe selectivamente tres enzimas implicadas en la síntesis del Hem: a) *ALA-deshidratasa*, por lo que aumentan los niveles del ALA (ácido delta-amino-levulínico). El ALA se elimina eficazmente por la orina, experimentando reabsorción tubular; b) la *coproporfirinógeno-III-oxidasa*, lo que produce el aumento en la eliminación urinaria de coproporfirina; y c) la *ferroquelatasa*, cuya función es introducir un átomo de hierro en el anillo de protoporfirina IX, por lo que aumenta la protoporfirina intraeritrocitaria, en forma de *Protoporfirina libre intraeritrocitaria* (FPP), que al ser quelada por Zn se cuantifica fácilmente como *Cinc-porfirina* (ZPP). La acción del plomo en el reticulocito produce también quelatos de plomo con ARN, que aparecen con punteados basófilos intraeritrocitarios, que durante muchos años se han usado como elemento de diagnóstico de esta intoxicación. El plomo ejerce además otras acciones sobre el eritrocito. Parece ser que *fragiliza* la membrana, que su presencia en la misma favorece también su destrucción por envejecimiento, por lo que la hemivida eritrocitaria está disminuida. En los casos de intoxicación aguda pueden producirse fenómenos hemolíticos. (Ladron & Moya, 1995)

13.1.5.4. *Acción sobre el Sistema Nervioso Periférico:*

El plomo afecta específicamente a los troncos nerviosos motores. Anatomopatológicamente, la neuropatía saturnina se caracteriza por degeneración segmentaria de las vainas de mielina, y posteriormente del axón. Esto produce parálisis, sin afectación de la vía sensitiva. El mecanismo íntimo de este efecto no es bien conocido, aunque se relaciona con el depósito de plomo, la interferencia con el Ca^{2+} y la mayor actividad colinérgica. (Ladron & Moya, 1995)

13.1.5.5. *Acción sobre el Sistema Nervioso Central:*

En el Sistema Nervioso central, el plomo produce encefalopatías de tipo hipertensivo, más frecuente en niños, y psicosis por esclerosis difusa con proliferación de astrocitos y microglia. También pueden afectarse los pares craneales, especialmente el óptico. Tres son los mecanismos que pueden explicar la acción del plomo. En primer lugar la afectación en la transmisión nerviosa, propia de la interferencia con el calcio; en segundo lugar, la alteración en la síntesis del Hem no sólo afecta el ciclo metabólico energético celular, sino que produce intermediarios metabólicos neurotóxicos; por último, la acción vasoconstrictora, con hipertensión y alteración de la microcirculación, explicarían las neuropatías tipo hipertensivo. Sobre estos efectos generales, también ha de tenerse en cuenta la acción acomplejante del plomo sobre los grupos fosfato en membranas celulares, el trastorno energético celular por acúmulo de plomo en la mitocondria, en lugar del calcio, etc. (Ladron & Moya, 1995)

13.1.6. **Clínica**

13.1.6.1. *Intoxicación aguda*

Es poco frecuente. Se puede producir por la ingestión de una sal de plomo o por la inhalación de plomo o vapores del metal. (Vargas, 2008)

Produce tres tipos de síndromes: (Calabuig, 2004)

- Síndrome digestivo:
Dolores epigástricos y abdominales violentos, estreñimiento o diarrea al comienzo y luego estreñimiento.
- Síndrome hepatorenal:
Hígado grande y subictericia. Más importantes son las lesiones renales con oliguria, uremia, albuminuria, aminoaciduria y cilindruria.
- Encefalopatía:
En los adultos suele ser tardía y los síntomas predominantes son los correspondientes a un edema cerebral: cefaleas intensas, obnubilación, convulsiones y evolución al coma. El examen del fondo de ojo descubre la hipertensión endocraneal, apreciándose papila de estasis.

La evolución puede ser favorable o bien dejar secuelas renales y neurológicas.

13.1.6.2. *Intoxicación crónica latente*

No tiene manifestaciones clínicas. Se fundamenta en el antecedente de exposición al tóxico y en los análisis de laboratorio clínico: plumbemia elevada, coproporfirina III elevada en orina, eritrocitos con punteado basófilo e inhibición de la actividad de la enzima delta-aminolevulínico deshidratasa. (Vargas, 2008)

Subjetivamente presenta cansancio, dispepsia, dolores abdominales y musculares, artralgias, insomnio y alteraciones del carácter, pérdida de fuerzas y adelgazamiento. El diagnóstico en este momento es difícil y el enfermo puede ser etiquetado de enfermo reumático. (Calabuig, 2004)

En la exploración se puede apreciar un tinte terroso de la piel. En algunos casos podría verse el *ribete gingival de Burton*, que es una línea azulada que aparece en el reborde gingival, donde no hay dientes. Se debe al depósito de sulfuro de plomo en ese lugar. Sólo aparece en ausencia de higiene buco-dental. (Calabuig, 2004)

13.1.6.3. *Intoxicación crónica confirmada*

Se acrecientan los síntomas anteriores: anorexia, adelgazamiento, dolores musculares, tinte terroso de la piel y cansancio. (Calabuig, 2004)

Anemia

No es precoz, pero sí constante; si se produce de una manera progresiva, es un signo importante de intoxicación. Va precedida de un período en el que los hematíes con granulaciones basófilas van aumentando de forma progresiva. La anemia es moderada, raramente inferior a 3 millones de glóbulos rojos, normo o hipocroma. Se pueden incluir dentro de las anemias sideroacrísticas, dados la presencia de sideroblastos y el aumento del hierro sérico. Pueden aparecer anomalías en los glóbulos rojos. La hemoglobina desciende. (Calabuig, 2004)

Cólico saturnino

Es una de las manifestaciones más típicas de los accidentes agudos que se producen en la intoxicación crónica. Se presenta como una crisis de abdomen agudo. El comienzo

es brusco, con un dolor intenso periumbilical que obliga al paciente a adoptar una posición antiálgica. El dolor se acompaña de vómitos, estreñimiento pertinaz (rara vez diarrea) y mal estado general. (Calabuig, 2004)

A la exploración se observa un abdomen retraído, sin contractura, aunque a veces puede estar distendido; la exploración superficial exagera el dolor, que se alivia con una palpación profunda. (Calabuig, 2004)

No hay fiebre, el pulso es bradicárdico, y hay hipertensión arterial. El diagnóstico diferencial se establecerá fundamentalmente con la pancreatitis y las porfirias. (Calabuig, 2004)

Polineuritis

Es una de las lesiones clásicas del saturnismo. Hoy es poco frecuente; suele aparecer de modo progresivo, pero también se puede presentar de modo brusco. Suele afectar los músculos más activos de los miembros superiores, siendo muy típica la parálisis pseudorradial (ver Figura No. 2). Habitualmente comienza con debilidad muscular del antebrazo dominante y luego se hace bilateral y simétrica. La parálisis alcanza primero los extensores largos del dedo medio y anular, produciendo la típica mano de “hacer cuernos”; luego afecta los otros dedos y la extensión de la mano sobre el antebrazo, produciendo una mano péndula. La parálisis se acompaña de trastornos tróficos. El cuadro paralítico puede extenderse a los miembros inferiores, afectando igualmente los extensores y produciendo una caída del pie.

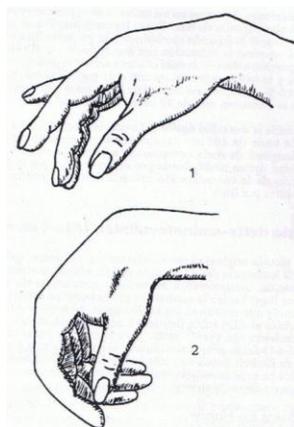


Figura No. 2. Parálisis pseudorradial saturnina. 1) Afectación de los extensores largos de los dedos medio y anular. 2) Afectación de todos los dedos de la mano y de ésta en su conjunto.

Este trastorno se acompaña de alteraciones electrofisiológicas, como es la modificación de la velocidad de conducción, medida en el cubital y mediano, y del electromiograma, consiste en fibrilaciones y pérdida de unidades motoras. (Calabuig, 2004)

Encefalopatía

En los adultos se puede presentar en el curso de una intoxicación aguda o de una movilización de plomo almacenado en los huesos. En el curso de una exposición laboral es hoy muy raro ver un cuadro de este tipo. Se trata sin duda, de la manifestación más grave del saturnismo. Las crisis agudas se caracterizan por un síndrome de hipertensión endocraneal con convulsiones y papila de estasis. Los síntomas de fondo se deben a alteraciones vasculares y a lesiones de las propias células cerebrales, presentando un cuadro de cefaleas, irritabilidad, insomnio, obnubilación, delirios y convulsiones. (Calabuig, 2004)

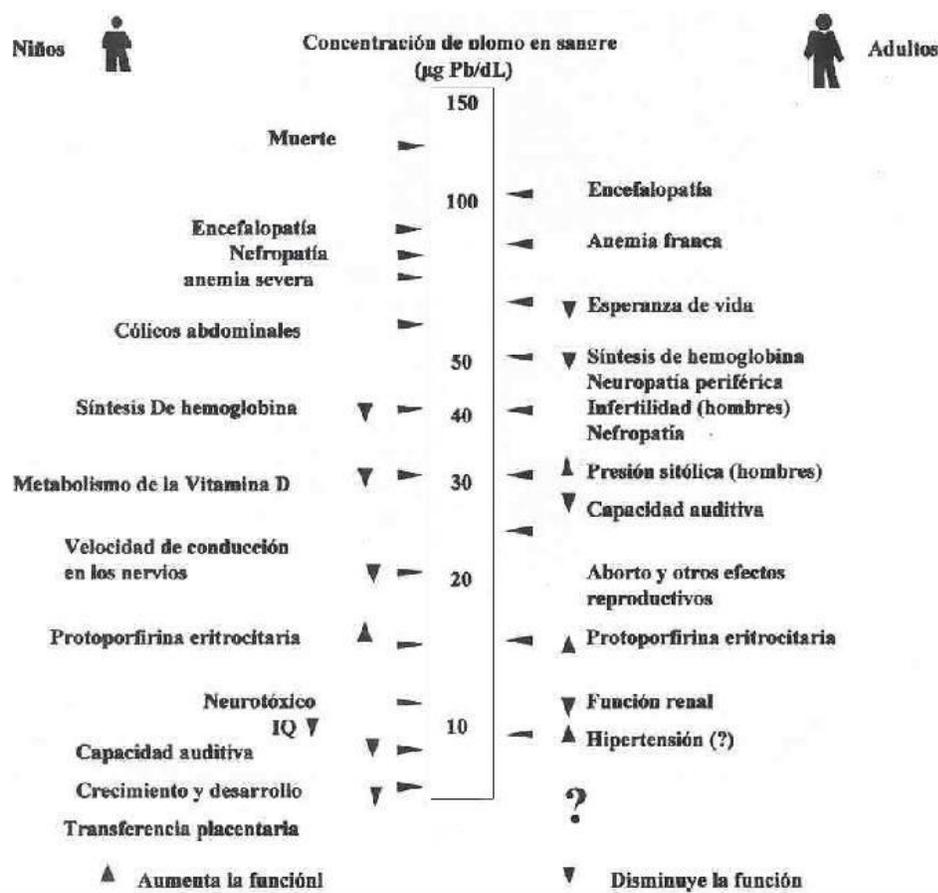


Figura No. 3. Relación entre los efectos a la salud y los niveles sanguíneos de plomo. (Peña y otros, 2010)

Tabla No. 1 Síntomas de la intoxicación por plomo en adultos. (Peña y otros, 2010)

| Leve (>10 µg/dL) | Moderada (> 80 µg/dL) | Toxicidad grave (Pb>100 µg/dL) |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Fatiga • Somnolencia • Disgeusia (pérdida o alteración del sentido del gusto) • Irritabilidad • Disminución de la libido • Cambios de la personalidad • Pérdida de interés en las actividades habituales • Parestesias • Hipertensión arterial • Deterioro en los test psicométricos • Trastornos reproductivos • Nefropatía y anemia | <ul style="list-style-type: none"> • Dolor abdominal tipo cólico • Náuseas y vómito • Constipación • Anorexia • Mialgias y artralgias • Debilidad muscular generalizada • Pérdida de la memoria reciente • Cefalea • Insomnio • Depresión • Incoordinación • Impotencia | <ul style="list-style-type: none"> • Encefalopatía (coma, convulsiones, papiledema, y signos de hipertensión endocraneana). • Mano y pie caído • Anemia grave • Cólico saturnino • Nefropatía |

13.1.7. 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 15 µg/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 60 µg/dL mientras que los trabajadores de mucho tiempo llegan a estar asintomáticos con concentraciones por arriba de 80 µg/dL. Pueden ocurrir efectos sutiles del plomo sobre el sistema nervioso central y periférico con concentraciones entre 40 y 80 µg/dL. Los estándares actuales de la Organización para la Seguridad Ocupacional y Administración de la Salud (OSHA, por sus siglas en inglés) requieren que la concentraciones se mantengan por debajo de 40 µg/dL. (Ladou, 1999)

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de Estados Unidos, establece como valor de referencia para plomo en sangre $<60 \mu\text{g}$ de Pb/100 ml de sangre (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2009).

Además del examen de sangre, los datos siguientes sugieren intoxicación por plomo:

Orina:

La excreción de plomo urinario mayor de 0.08 mg/día, o la excreción de coproporfirina urinaria mayor de 0.15 mg/24 h. Las cifras de coproporfirina urinaria arriba de 0.8 mg/lt, indican que han ocurrido algunos efectos del plomo. Una cifra arriba de 19 mg/lt está asociada con síntomas del envenenamiento por plomo. También aparecen glucosuria, hematuria y proteinuria. (Dreisbach, 1984)

Datos radiológicos:

En el examen radiológico se encuentran indicios de bandas transversas de densidad aumentada en los cartílagos de crecimiento; la existencia de bandas múltiples indica que ha habido episodios repetidos de envenenamiento. (Dreisbach, 1984)

13.1.8. Tratamiento

Antídotos. Como tales pueden mencionarse el BAL, el EDTA y la penicilamina. (Vargas, 2008)

- *BAL o dimercaprol:* los grupos sulfhidrilos del BAL atraen metales pesados como el plomo y forman un complejo estable heterocíclico quelato-metal. Estimula la excreción urinaria y fecal del plomo, y difunde bien en eritrocitos y neuronas. Su acción empieza a los 30 minutos, y el complejo metal quelato es excretado entre cuatro y seis horas, principalmente por la bilis; está contraindicado en casos de insuficiencia hepática y en deficiencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa. (Vargas, 2008)
- *Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) o edetato disódico de calcio:* este compuesto forma un complejo estable, excretable por el riñón, y que remueve todo el plomo almacenado en depósitos extracelulares. Reduce el plomo presente en eritrocitos, riñón, hígado y sistema nervioso central, en equilibrio con el plomo en el compartimiento extracelular. (Vargas, 2008)

Su principal efecto adverso es la nefrotoxicidad. Debe confirmarse una diuresis adecuada antes de administrarlo. (Vargas, 2008)

Cuando se emplea en combinación con el BAL, debe empezarse después de la segunda dosis de aquel.

- *D-penicilamina*: es el único compuesto oral para la movilización del plomo en los huesos, y su aplicación en el saturnismo aún está en la etapa de investigación. Como estimulante de la eliminación por vía renal es menos efectivo que el EDTA. (Vargas, 2008)

Se debe empezar con la cuarta parte de la dosis (20-40 mg/kg/día) para reducir los efectos secundarios. Se aumenta en tres o cuatro semanas. Se administra vía bucal en cuatro dosis, dos horas antes de las comidas. Está contraindicado en casos de alergia a la penicilina. (Vargas, 2008)

Para el cólico saturnino se recomienda administrar 20 ml de gluconato de calcio al 20% por vía endovenosa. Obliga al plomo circulante a depositarse en los huesos. (Vargas, 2008)

Otra opción es la solución dextrosada al 10% (10-20 mg/kg) por vía endovenosa, durante un período de una a dos horas. (Vargas, 2008)

13.1.9. Pronóstico

El pronóstico de esta intoxicación es bueno. La neuropatía periférica suele recuperarse completamente. Los trastornos hematológicos, y específicamente la anemia, suelen seguir un curso de mejoría más lento que los niveles de Pb en sangre. La encefalopatía de las formas agudas tiene una recuperación buena, pero a veces no total; en las formas crónicas, la recuperación es escasa. La hipertensión mantenida y la nefropatía crónica deben considerarse estables.

El saturnismo es una intoxicación potencialmente mortal. La atrofia renal, complicaciones hipertensivas, coronariopatías, encefalitis saturnina, son posibles causas de muerte. Por ello, estos enfermos deben ser sometidos a controles médicos periódicos e impedir, mediante adecuadas medidas de prevención, la incidencia de intoxicaciones clínicamente evidentes.

13.2. Anexo No. 2: “Boleta de *Consentimiento informado para la recolección de muestras de sangre*”



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

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Instrucciones: Los datos del presente cuestionario serán confidenciales y utilizados como parte del estudio “Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala”. Su colaboración es de suma importancia para la realización de dicho estudio, no existiendo riesgo alguno de contraer enfermedades al participar.

Fecha: _____

No. de muestra: _____

1. Datos generales:

Sexo: M _____ F _____

Nombre: _____

Edad: _____

Peso: _____ (lbs.)

Altura: _____ (mts.)

2. Condiciones 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:

- _____
- _____
- _____

Estoy dispuesto a participar en el estudio “Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la ciudad de Guatemala”, donando para este fin, 5 cc (ml) de sangre.

Firma

No. Cédula

- 13.3. Anexo No. 3: ***“Trifoliar informativo sobre Rayos X, usos y riesgos en la salud, Importancia de la seguridad radiológica”***

Página No. 45, Anexos: Parte interna, trifoliar

Página No. 46, Anexos: Parte externa, trifoliar

RAYOS X: Riesgos y Efectos en la Salud

El descubrimiento de los rayos X y la identificación y aislamiento de materiales radiactivos hacia finales del siglo XIX, causaron, además de grandes beneficios, sustanciales riesgos no previstos. En sólo 5 años se registraron 170 casos de lesiones por radiación, y hasta 1922, más de 300 radiólogos habían fallecido por efecto de sobre-exposición. A los seis meses del descubrimiento de los rayos X, se informó de sus efectos nocivos; era usual que los trabajadores verificaran la potencia de salida de los tubos de rayos X, exponiéndose a las radiaciones y midiendo el tiempo que transcurría hasta que se irritaba la piel. Unos 250 murieron de cáncer cutáneo y más de 50 debido a trastornos sanguíneos, anemia y leucemia.



GENERALIDADES

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética ionizante. Considerando este tipo de radiación y su forma de interacción con el organismo se puede hablar de irradiación externa y contaminación radiactiva.

Irradiación externa: El individuo está expuesto a una fuente de radiación no dispersa, externa al mismo y no hay un contacto directo con la fuente. Puede ser global o parcial.

Contaminación radiactiva: El organismo entra en contacto directo con la fuente radiactiva, la cual puede estar dispersa en el ambiente (gases, vapores o aerosoles) o bien depositada en una superficie. Puede ser interna o externa.

Límite de dosis: Son valores que pueden recibir las personas expuestas y que nunca deben ser sobrepasados. La unidad de medida de radiación utilizada para describir el equivalente en efecto biológico es el Sievert (Sv).

Tabla No. 1: "Límites anuales de dosis de radiación ionizante"

| | |
|---|---|
| Exposición total y homogénea | Personas profesionalmente expuestas <input type="checkbox"/> Todo el organismo 50 mSv/año (5,0 rem/año) <input type="checkbox"/> Expositores entre 16 y 18 años 15 mSv/año (1,5 rem/año) Personas profesionalmente no expuestas <input type="checkbox"/> Todo el organismo 5 mSv/año (0,5 rem/año) |
| Exposición total no homogénea o parcial | Personas profesionalmente expuestas <input type="checkbox"/> Todo el organismo 50 mSv/año (5,0 rem/año) <input type="checkbox"/> Cristalino 150 mSv/año (15 rem/año) <input type="checkbox"/> Piel 500 mSv/año (50 rem/año) <input type="checkbox"/> Eje analítico 500 mSv/año (50 rem/año) <input type="checkbox"/> Otros órganos o tejidos 500 mSv/año (50 rem/año) Personas profesionalmente no expuestas <input type="checkbox"/> Cristalino 15 mSv/año (1,5 rem/año) <input type="checkbox"/> Piel 50 mSv/año (5,0 rem/año) <input type="checkbox"/> Eje analítico 50 mSv/año (5,0 rem/año) <input type="checkbox"/> Otros órganos o tejidos 50 mSv/año (5,0 rem/año) |
| Exposición | Para un periodo de 12 meses consecutivos, se considera como exposición total homogénea: Mujeres en condición de procrear 13 mSv/miembro (abdomen) Mujeres gestantes 10 mSv/embarazo (feto) |
| Operaciones especiales | Sólo trabajadores profesionalmente expuestos de categoría A <input type="checkbox"/> Dosis/año < doble de los límites anuales de dosis <input type="checkbox"/> Dosis/cada < quíntuplo de los límites anuales de dosis |

RIESGOS Y EFECTOS

Las radiaciones ionizantes, al interactuar con el organismo, provocan diferentes alteraciones en el mismo debido a la ionización provocada en los elementos que constituyen a sus células y tejidos. Esta acción puede ser directa, produciéndose en la propia molécula irradiada, o indirecta si es producida por radicales libres generados que extienden la acción a otras moléculas. Lo que sucede normalmente es una mezcla de ambos procesos.

Los efectos biológicos causados por las radiaciones ionizantes, se clasifican en:

Efectos dependientes de la dosis (determinísticos): incluye radiodermitis, radiocataratas, infertilidad temporal y permanente (radioinducidas), alteraciones hematológicas radioinducidas, vómitos, opacidad detectable, depilación, eritema, entre otros.

Efectos independientes de la dosis (estocásticos): carcinogénesis y efectos genéticos radioinducidos, retardo de crecimiento, malformaciones, hipotiroidismo, neumonitis, muerte, principalmente.



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.

Existen tres medidas principales:

1. **Distancia:** aumentar la distancia entre el técnico y la fuente de radiación.
2. **Tiempo:** reducir el tiempo de exposición.
3. **Blindaje:** utilizar barreras protectoras entre el técnico o personal médico y la fuente de radiación.

CONTROL DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

- Los elementos de protección personal como guantes, gabachas y lentes plomados deben ser usados cada vez que se exponga a un campo de radiaciones.
- Mantener medidas de las dosis de exposición mediante la lectura mensual de dosímetros (tanto personal como ambiental)
- Examen periódico del personal para detectar la aparición incipiente de lesiones por radiación. (Análisis hematológicos)
- Se deberá 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.
- Deberán efectuarse controles periódicos de la contaminación en la zona, los materiales y las ropas utilizadas.

Rayos X

RIESGOS Y EFECTOS

en la salud



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bushong, S. (2010). Manual de radiología para técnicos: física, biología y protección radiológica. España: Elsevier-Mosby.
2. Fornaro, L., Nappa, A., Savio, E., Ures, C., Jelen, M., Terán, M. (1998). Radiaciones ionizantes: efectos biológicos y protección radiológica. Uruguay: Portal Educativo de Uruguay. Administración Nacional de Educación Pública.
3. Pascual, A., Gadea, E. (1992). NTP 304: Radiaciones ionizantes: normas de protección. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Elaborado por:
Sara Ester Bellosso Archila



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Departamento de Toxicología
"Julio Valdiviares Marquaz"



Centro de Información y Asesoría Toxicológica -CIAT/
Laboratorio de Toxicología
3a. Calle 6-47 zona 1, Ciudad de Guatemala
Teléfonos: (502) 2251-3560, 2232-0735, 2230-0080

Importancia de la Seguridad Radiológica