

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**



**EXPOSICIÓN A PLOMO EN CENTROS DE FOTOCOPIADO
DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA**

MIRNA MARGARITA RAMÍREZ RIVERA

QUÍMICA FARMACÉUTICA

GUATEMALA, MARZO 2017

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

EXPOSICIÓN A PLOMO EN CENTROS DE FOTOCOPIADO DE LA CIUDAD
UNIVERSITARIA

Informe de Tesis

Presentado por:

Mirna Margarita Ramírez Rivera

Para optar al título de
Química Farmacéutica

Guatemala, Marzo 2017

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
M.A. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	Vocal V

ACTO QUE DEDICO A:

A DIOS

Por regalarme una vida llena de bendiciones y oportunidades, por guiarme siempre en todo momento.

A LA VIRGEN MARIA MADRE DE LOS DESAMPARADOS

Como una eterna gratitud por su valioso, inigualable e incondicional apoyo y amor.

A MIS PAPÁS

Por cada palabra de motivación que me brindaron y su ayuda en todo momento. Los amo

A MI HERMANA

Por todo el apoyo que me brindo, por su palabras de motivación y por estar siempre.

A MI FAMILIA

Por su cariño y su apoyo, por estar pendiente de mí cada vez que me Preguntaban “¿y cómo vas?” porque de una u otra forma han estado al pendiente de mí.

A MIS AMIGOS

Por cada momento en que necesité de su ayuda y siempre estar ahí.

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

Por sembrar en mí el amor a la Academia y a Guatemala, por formarme como una profesional enfocada en contribuir a engrandecer nuestro hermoso país

Agradecimientos

A DIOS Y A LA VIRGEN

Por sus bendiciones, su guía y brindarme sabiduría para finalizar exitosamente esta etapa

A MIS PAPÁS

Mirna Dilia Rivera y Eliseo Ramírez por darme lo mejor que han podido, por su ayuda y comprensión

A MI HERMANA

Sigrid Ramírez Rivera por su apoyo y ayuda en la elaboración de este trabajo

A MI FAMILIA

Tías, tíos primas y primos por su cariño y apoyo

A MIS AMIGOS

Por su amistad sincera y por los bonitos momentos que hemos compartido.

LCDA. CLARISSA SANTOS Y LCDA.
ESTEFANÍA GONZALES

Por su valiosa colaboración, tiempo y apoyo en la realización de este trabajo, porque sin su inigualable aporte no hubiera sido posible.

AL CENTRO DE INFORMACIÓN
TOXICOLÓGICA Y
DEPARTAMENTO DE
TOXICOLOGÍA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS QUÍMICAS Y
FARMACIA USAC

Por el préstamo de instalaciones y materiales que fueron fundamentales para la realización de este trabajo

AL PERSONAL DE
DEPARTAMENTO DE
TOXICOLOGIA

Por abrirme las puertas, por su amistad y dejarme ser parte de la familia de Toxi, por sus consejos, apoyo y cariño

A LA LCDA. CAROLINA GUZMÁN

Por todo su apoyo, tiempo y contribución para guiarme de la mejor manera para que este trabajo fuera posible. Muchas gracias.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA

Mi Alma Mater por darme la oportunidad de haber cursado mi carrera en sus magnas aulas

Índice

1. Resumen.....	4
2. Introducción.....	6
3. Antecedentes.....	9
3.1 Investigaciones previas.....	9
3.2. Estudios realizados en Guatemala.....	13
4. Justificación.....	17
5. Objetivos.....	18
5.1 Objetivo General.....	18
5.2 Objetivos Específicos.....	18
6. Hipótesis.....	19
7. Materiales y Métodos.....	20
7.1 Universo y Muestra.....	20
7.1.1 Universo.....	20
7.1.2 Muestra.....	20
7.1.3. Criterios de Exclusión.....	20
7.2 Materiales.....	20
7.2.1. Recursos.....	20
7.2.1.1. Recursos Humanos.....	20
7.2.1.2. Recursos Institucionales.....	20
7.2.2. Procedimiento General.....	21
7.2.3. Equipo e instrumentos.....	21
7.2.4. Material y cristalería.....	22
7.2.5. Reactivos y materias primas.....	22

7.2.6. Papelería y equipo.....	23
7.3. Métodos	23
7.3.1. Plomo en sangre	23
8. Resultados.....	27
9. Discusión de Resultados.....	38
10. Conclusiones	43
11. Recomendaciones	44
12. Referencias	45
13. Anexos	52

1. Resumen

A lo largo del tiempo y gracias a los avances de científicos se ha visto que las personas pueden ver afectada su salud debido a la clase de trabajo en la que se desempeñan, por lo que en la actualidad la salud ocupacional ha tenido gran impacto en las investigaciones, buscando disminuir riesgos para la salud de los trabajadores.

El plomo es un metal tóxico siendo además uno de los que más incidencia tiene como factor de enfermedades ocupacionales, debido a que se encuentra en diversidad de fuentes como baterías de carro, gasolina, pintura, cerámica, tintas, etc.

En el presente trabajo se planteó como objetivo, evaluar la exposición a plomo en trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria Zona 12, debido al contenido de este metal en el tóner que se utiliza en las fotocopiadoras, tomando en cuenta de igual manera que este grupo de trabajadores realiza una jornada de trabajo larga de más de 8 horas en algunos casos, por las instalaciones que presentan los locales, los hábitos de higiene personal que tiene los trabajadores y los de higiene para su local, ya que el plomo puede ser absorbido por diferentes vías como la vía respiratoria, gástrica y cutánea.

La concentración de plomo en el organismo se puede medir en sangre, y huesos de las personas expuestas, por lo que la metodología utilizada fue la obtención de muestras de sangre con previo consentimiento informado de los trabajadores, las cuales fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, obteniendo resultados por debajo de los límites aceptados para personas expuestas, tomando como de referencia los datos de la Administración de la Seguridad y la Salud Ocupacional ("OSHA" por sus siglas en inglés) la cual identifica $50\mu\text{g}/100\text{ ml}$ como valor máximo de plomo para trabajadores expuestos y La Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales

("ACGIH" por sus siglas en ingles) que identifica $30\mu\text{g}/100\text{ ml}$ como concentraciones de intoxicación de personal con exposición a plomo.

Se concluye que los niveles de plomo encontrados en los trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria Zona 12 no se encuentran por encima de los límites. Se recomienda que tomen medidas preventivas para evitar la posible contaminación, incluyendo monitoreo de niveles de plomo en sangre anualmente e idealmente cada 3 a 5 años realicen niveles de plomo en huesos. Se sugiere también que se realice una evaluación del aire de los centros de fotocopiado.

2. Introducción

Los contaminantes ambientales constituyen un factor de riesgo para desarrollar enfermedades. En el entorno ocupacional y como resultado de diversos procesos industriales, los trabajadores se ven expuestos a diferentes compuestos que contienen metales pesados, como el plomo, los cuales ocasionan alto riesgo de enfermedades ocupacionales.

El plomo (Pb) es un metal gris azulado, distribuido en la tierra en un gran número de minerales, se puede encontrar en su estado elemental o en sus dos estados de oxidación, Pb (II) y Pb (IV). Su uso a gran escala se dio con los romanos que lo usaron en la construcción de acueductos, utensilios de cocina, cerámica y como saborizante y preservante del vino. El plomo en el medio ambiente puede provenir de fuentes naturales que comprenden el desgaste geológico y las emisiones volcánicas, así como de las humanas al utilizarlo en diversos procesos industriales; el 60% de plomo es usado para manufactura de baterías, el 13% en pigmentos y el restante en la industria del plástico, fabricación de municiones, aleaciones para soldaduras, cerámicas, artesanías, juguetes, medicina naturista entre otros. Es considerado, desde hace décadas, uno de los contaminantes ambientales más importantes, debido a que es un tóxico acumulativo. (Peña, Arroyave, Aristizábal, Gómez, 2010, pp. 547)

Cuando el plomo ingresa por inhalación, llega a los pulmones y se distribuye a otras partes del cuerpo a través del flujo sanguíneo. Las partículas más grandes son expulsadas por la tos hasta la garganta donde son tragadas. Cuando se ingieren alimentos o bebidas, el plomo ingresa por el sistema digestivo a la sangre y a otras partes del cuerpo. Poco después de que el plomo entra al cuerpo, la sangre lo distribuye a órganos y tejidos, por ejemplo hígado, riñones, pulmones, cerebro, bazo, músculo y corazón; después de varias semanas se moviliza hacia los huesos y dientes. El organismo del ser humano no transforma al plomo a ninguna otra forma. (Molina, Aguilar, Cordovez, 2010, pp. 80-81)

El plomo no es una sustancia que se encuentre naturalmente en el ser humano, los principales mecanismos de acción tóxica del plomo se vincula a la inhibición de enzimas sulfhídricas cuya manifestación más importante es la alteración de la síntesis del grupo hemo, la cual no solo afecta la síntesis de hemoglobina sino otras hemoproteínas, como los citocromos que influyen en la función renal y neurológicas. Además presentan alteraciones cardiovasculares como hipertensión arterial, vinculada a la reactividad vascular causada por el plomo mediante el aumento de la concentración de calcio intracelular y la estimulación de la calmodulina. (Talavera y Guillén, 2010, pp. 180)

Los contaminantes ambientales constituyen un factor de riesgo para desarrollar enfermedades; el plomo es la primera causa de intoxicación ocupacional en el mundo (Peña y otros, 2010, pp. 548) por lo que evaluar el riesgo de intoxicación en personas que se encuentran expuestas a este metal debido a sus actividades laborales es de importancia.

La contaminación del ambiente puede darse por el uso de fotocopiadoras, las que emplean un pigmento llamado tóner, que contiene metales pesados. El trabajador de las fotocopiadoras está expuesto a este tipo de contaminantes, que se produce por la manipulación o en el mantenimiento de la fotocopiadora.

La exposición se puede dar a través de la piel, por inhalación al respirar el aire con material particulado, también al ingerir alimentos cerca del equipo. (Talavera y Guillén, 2010, pp. 180) Conociendo que el plomo es uno de los metales pesados que contiene el tóner y que este metal pesado es uno de los principales causantes de intoxicaciones ocupacionales, es importante medir el riesgo de las personas que laboran en centros de fotocopiado mediante la cuantificación de las partículas que se encuentran en el aire de estos lugares y los niveles de este metal en sangre de los trabajadores.

Existiendo un gran número de centros de fotocopiado dentro de la Ciudad Universitaria se debe tomar en cuenta el impacto de esta actividad laboral sobre la salud de los trabajadores, por lo que el presente trabajo tuvo como finalidad cuantificar el plomo en sangre, a dicho personal expuesto.

3. Antecedentes

3.1 Investigaciones previas

3.1.1. Elango, N. Kasi, V. Vembhu, B. Poornima, J. en el 2013 realizaron un estudio donde se evaluó la calidad del aire del interior de los centros de fotocopiado e investigaron si las emisiones de las fotocopiadoras se asociaban con la disminución de la función pulmonar o los cambios de los parámetros de la hematología, el estrés oxidativo y el estado inflamatorio. En los resultados del análisis del aire se encontró al plomo por encima de los niveles y la función pulmonar de los trabajadores de fotocopiadoras se encontró similar en al del grupo control. (Elango, Kasi, Vembhu, y Poomima, 2013, 1-12)

3.1.2. Nilsson, J. & et. al. en el 2012 realizaron estudio para describir las variaciones de diferentes biomarcadores de plomo. Se llevó a cabo un muestreo repetido de sangre entera, plasma y orina en 48 hombres expuestos a plomo y 20 individuos bajo exposición ambiental a plomo normal, con un total de 603 mediciones. El estudio concluyó que la concentración de plomo en la sangre entera es el biomarcador con la mejor capacidad de discriminar entre individuos con diferente concentración media. El plomo urinario y plasmático también dieron resultados aceptables en los trabajadores expuestos a plomo, pero a exposiciones bajas de plomo el biomarcador en plasma era demasiado impreciso. (Nilsson & et. al., 2013, pp. 1-7)

3.1.3. Talavera, M. Y, Guillén, M. en el 2009 cuantificaron los metales presentes en el tóner, por espectrofotometría de absorción atómica, el resultado indicó que contiene Pb, Cr, Fe, Zn, Cd, Cu, evaluándose a personas expuestas de ambos sexos para plomo y cromo en sangre. Los resultados superaron el nivel máximo admitido en los trabajadores expuestos que son de 30 µg/dl para plomo y para cromo de 5µg/dl. (Talavera y Guillén, 2010, pp.179-186)

3.1.4. Ramírez, A. en el 2008 realizó la medición de plomo sanguíneo por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y para hemoglobina, microhematocrito en trabajadores de fábricas informales de baterías. Los resultados fueron: el valor medio de plomo sanguíneo encontrado fue 37,7 ug/dL y la hemoglobina hallada en dicha población fue menor de 13,2 g/dL. (Ramírez, 2008, pp. 104-107)

3.1.5. Wiwanitkit, V. & Suwansaksri, J. en el 2007 realizaron un monitoreo de la exposición a plomo y evaluación de riesgos de este metal en un grupo monjes budistas ubicados en el este de China; debido a que este grupo realiza actos ceremoniales en los que queman papeles con incienso los cuales pueden ser una fuente de intoxicación por plomo a la que tienen contacto los monjes. El seguimiento biológico a niveles de plomo tiene varias ventajas sobre la evaluación de la exposición técnica. Los autores reportaron que se presentó un nivel muy alto de plomo en sangre entre los monjes budistas de Mahayana. (Wiwanitkit & Suwansaksri, 2008, pp.805-807)

3.1.6. Schütz, A. & et al. en el 2005 Evaluaron el plomo en el hueso del dedo, la sangre entera, plasma y orina en trabajadores activos y jubilados de una empresa de fundición de plomo de Alemania por medio de espectrometría de masas con plasma. Los resultados para las edades 44/59 años, la duración del empleo de 20/38 años son: Hueso-Pb 71/150 µg/g, Sangre-Pb 500/330 µg/l, Plasma-Pb 2.7/1.1 µg/l, y Orina-Pb 25/13 mmol/mol creatinina. Hueso-Pb aumentó con la duración del empleo del 4.2 µg/g por año en los trabajadores. (Schütz & et al., 2005, pp. 35-43)

3.1.7. Hashisho, Z & El-Fadel, M. en el 2002 evaluó el estado de la contaminación por plomo de la combustión de gasolina con plomo en Beirut. Se basó en mediciones de plomo suspendido en el aire y en el polvo de las carreteras de las zonas urbanas y rurales/suburbanas y en las de plomo en sangre. Concentraciones promedio de plomo atmosférico fueron de aproximadamente 1,86

$\mu\text{g m}^{-3}$ en ubicaciones urbanas y $0,147 \mu\text{g m}^{-3}$ en localizaciones suburbanas. El análisis del polvo en carretera reveló un nivel promedio de plomo de $353 \mu\text{g g}^{-1}$ a lo largo de las calles urbanas y $125 \mu\text{g g}^{-1}$ a lo largo de las carreteras rurales/suburbanas. Los niveles de plomo en sangre también eran relativamente altos en comparación con los países donde la gasolina con plomo ha sido eliminada. (Hashisho & El-Fadel, 2004, pp. 185-202)

3.1.8. Suwansaksri, J.; Teerasart, N.; Wiwanitkit, V. & Chaiyaset, T. en el 2001 realizaron un estudio piloto para determinar los niveles de plomo en la sangre por voltametría de redisolución anódica (ASV) como marcador de exposición al plomo entre 20 sujetos control y 69 trabajadores de garaje (52 mecánicos y 17 pulverizadores de tinte), como los representantes de los sujetos expuestos en el trabajo, se incluyeron en este estudio preliminar. El nivel promedio de plomo en sangre en el grupo control fue de $0,32 \pm 0,07 \mu\text{mol/L}$. El nivel promedio de plomo en sangre en el grupo de la mecánica fue de $0,42 \pm 0,13 \mu\text{mol/L}$. El nivel promedio de plomo en sangre en los pulverizadores de tinte fue de $0,58 \pm 0,07 \mu\text{mol/L}$. Se observaron importantes niveles más altos de plomo en sangre entre la mecánica y grupos de tinte pulverizador. (Suwansaksri & et. al. 2002, pp. 367-370)

3.1.9. Aguilar, G. & et.al. en 1999 Se realizó una investigación epidemiológica y en higiene industrial, donde se midió el plomo en aire y en manos de los trabajadores de una imprenta en la Ciudad de México; se les tomó muestra de sangre venosa a los sujetos para la determinación de plomo en sangre total por medio de espectrofotometría de absorción atómica, y se les hicieron mediciones de plomo en hueso, con un detector 109 de rayos X-K-fluorescentes. Asimismo, se aplicó un cuestionario estandarizado y se obtuvo información sobre factores demográficos, estilo de vida, historia laboral, puesto de trabajo y actividad dentro de la empresa. Los resultados fueron de 209 trabajadores, 117 aceptaron participar y 90 (83.3% de hombres y 16.7% de mujeres) completaron todas las fases del estudio. Las concentraciones promedio de plomo fueron: en aire, de 0.94 mg/m^3 ; en manos antes del lavado, de $6\ 802 \text{ mg/m}^2$, y en manos después del lavado, de 194 mg/m^2 ;

en sangre total, de 12.3 mg/dl, y en tibia y rótula, de 25.9 y 43.3 mg Pb/g hueso mineral, respectivamente. Se observaron variaciones importantes en estas mediciones de acuerdo con el puesto de trabajo. (Aguilar, G. & et. al., 1999, pp. 42-59)

3.1.10. Reynolds, S. & et. al. en el 1999 caracterizaron la prevalencia de las concentraciones de plomo en sangre en trabajadores de la construcción de alto riesgo en Iowa / Illinois, y los factores de riesgo identificados para la exposición ocupacional al plomo en estos trabajadores de la construcción. La muestra fue de 459 trabajadores seleccionados de la población total de todos los miembros del sindicato. Se recolectaron muestras de sangre venosa de cada participante y se analizó el plomo en la sangre (usando la espectroscopia de absorción atómica) y los niveles libres de protoporfirina de eritrocitos. Las concentraciones fueron: obreros 7.6 g/dL, pintores 5.9 g/dL, herreros 5.2 g/dL, plomeros 4.4 g/dL y electricistas 2.4 g/dL. Hubo diferencias significativas en los valores de plomo en sangre de los obreros y pintores que obtuvieron los valores más altos que el resto de los grupos. (Reynolds & et. al., 1999, pp. 307- 316)

3.1.11. Cheng, Y. & et. al. en 1997 investigaron los factores nutricionales que conducen a acumulación de plomo en el cuerpo, los cuales fueron examinados transversalmente entre los 747 hombres de entre 49-93 años (media 67 años). Los resultados de plomo en la sangre, el plomo de la tibia y la rótula de plomo fueron 6,2 µg/dl, 21,9 µg/g, y 32,0 µg/g, respectivamente. Los hombres en el quintil más bajo de los niveles de ingesta dietética total de la vitamina D (incluyendo suplementos vitamínicos) (<179 UI/día) tenía la tibia y el plomo rótula niveles medios 5.6 µg/g y 6,0 µg/g mayor que los hombres con la ingesta en el quintil más alto (> 589 UI/día). Mayor ingesta de calcio se asoció con niveles de plomo en hueso más bajos, pero esta relación se hizo insignificante cuando el ajuste se hizo para la vitamina D. Los autores también observaron asociaciones inversas de los niveles de plomo en la sangre con la ingesta dietética total de vitamina C y hierro. Los hombres en el quintil más bajo consumo de vitamina C (<109 mg/día) tenían un nivel de plomo en sangre promedio 1,7 / µg/dl más altos que los hombres en el

quintil más alto (> 339 mg/día), mientras que los hombres en el quintil más bajo consumo de hierro (<10,9 mg/día) tenían un nivel promedio de plomo en la sangre 1,1 µg/dl más altos que los hombres en el quintil más alto (> 23,5 mg / día). Este estudio sugiere que la baja ingesta de vitamina D puede aumentar la acumulación de plomo en los huesos, mientras que la ingesta dietética baja de vitamina C y hierro puede aumentar los niveles de plomo en la sangre. (Cheng, Y. & et. al., 1998, pp. 1164-1174)

3.1.12. Kentner, M. & Fischer, T. en 1994 realizaron un estudio acerca de la exposición de plomo en trabajadores de baterías de una fábrica alemana; el estudio duró un período de 10 años en el que se encontraron que se evaluó el plomo en el aire y el plomo en sangre de los trabajadores. Se encontraron valores elevados de plomo, que se vieron influidos por varios factores por lo que llegaron a concluir que a pesar de que los niveles de plomo se encuentren por debajo del límite permitido, se debe utilizar el equipo de seguridad personal adecuado. (Kentener & Fischer, 1994, pp. 223-228)

3.2. Estudios realizados en Guatemala

3.2.1. Morán, G. en el 2011 realizó la evaluación de la cantidad de plomo presente en el tejido muscular del pez *Cichlasoma managüense*, para el cual se tomaron muestras de tres puntos diferentes del lago de Amatitlán, a las muestras recolectadas se les realizó una digestión en horno de microondas, y la medición del plomo se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados obtenidos dependieron del área de muestreo, en el área de desembocadura del río Villa Lobos la concentración fue de 0.244 mg/Kg y en el área del río Michatoya 0.3609 mg/Kg (Morán, 2011)

3.2.2. González, P. en el 2010 realizó el análisis de la contaminación de plomo y mercurio en el músculo de la tilapia *Oreochromis niloticus* del Lago de Amatitlán, del total de los datos analizados, 3 (2.4%) presentaron contaminación por plomo con concentraciones por encima del límite máximo permisible establecido por la

Unión Europea para productos cárnicos de origen hidrobiológico y ninguno (0%) presentó contaminación por mercurio. (González, 2010)

3.2.3. Jacinto, G. en el 2010 identificó y cuantificó el contenido de plomo de 5 marcas de delineadores de ojos de color negro, que se comercializan en Guatemala a bajo costo en distribuidoras populares, la determinación se llevó a cabo por medio del método de espectroscopía de absorción atómica con técnica de llama. Los resultados obtenidos demostraron que el 20% de las marcas presentaron plomo dentro de su composición. (Jacinto, 2010)

3.2.4. Vásquez I. en el 2003 realizó la determinación de la existencia de trazas de metales de cadmio, cobre y plomo en agua, por medio de voltamperometría diferencial de redisolución anódica; siendo los límites de detección para los metales investigados: Cobre y Plomo 10 ppb, Cadmio >10 ppb. (Vásquez, 2003)

3.2.5. Chun, E. en el 2000 realizó la determinación de cadmio, cobre y plomo en pescado y camarón que consumen o comercializan en Guatemala por técnicas voltamperométricas, los resultados obtenidos en las muestras, evidenciaron la acumulación de los metales cobre y plomo, el cadmio solo se detectó en una muestra, por lo que se concluye que este no existe en estas especies, en concentraciones peligrosas para la salud humana. La investigación se realizó utilizando un Polarógrafo Radiometer Copenhagen pol 150, controlado por computadora; el cual tiene un límite de deccion para plomo de 10 ppb, cobre 10 ppb y cadmio >10 ppb. (Chun, 2000)

3.2.6. Girón, S. en el 2000 realizó el estudio para medir los 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)

3.2.7. Pinetta, R. en 1999 realizó un análisis de plomo en muestras de sal común y refinada de algunos mercados y supermercados de las zonas de la capital, por absorción atómica como por colorimetría; dió resultados que demuestran que la mayoría de ellas sobre pasan el límite permitido por la FAO/WHO en su CODEX Alimentario el cual es de 2 partes por millón; del 100% de las muestras de sal analizadas, solamente 8.59% se encontró dentro de los niveles de plomo permitidos. (Pinetta, 1999)

3.2.8. Trejo, C. en 1998 midió las concentraciones de plomo en sangre, grupo estudio y grupo control de una industria recuperadora del metal por medio del método de Gradwohl & Rice. Encontró que 16% del grupo en investigación y 13% del grupo control sobrepasaron los límites máximos permitidos 30 mcg%. (Trejo, 1998)

3.2.9. Portillo, J, en 1997 cuantificó el contenido de plomo por medio del método de colorimétrico en sal, de cuatro salineras, encontrando que las muestras analizadas se encontraron por debajo del límite permisible (2ppm). (Portillo, 1997)

3.2.10. Mazariegos, L. en 1995 realizó un estudio para demostrar que las aguas residuales del proceso de explotación de las minas contaminaban los ríos, ya que la concentración de metales analizados excedía el límite permisible. (Mazariegos, 1995)

3.2.11. Bendfeldt, I. en 1987 analizó la concentración de plomo en sangre de alfareros que elaboraban cerámica vidriada a base de óxido de plomo; además se analiza el agua, los alimentos y el polvo de las viviendas de dichos alfareros. Utilizó el método de absorción atómica con horno de grafito. Encontró que el 54%

de las personas se encontraron con niveles de plomo por encima del límite máximo aceptable (40 µg/100 mL). (Bendfeldt, 1987)

3.2.12. Medinilla, B. en 1984 comparó dos métodos para determinación de niveles sanguíneos de protoporfirina y aladeshidratasa para el diagnóstico de la intoxicación por plomo en ratas, concluyó que el método de ala-deshidratasa permitió establecer mayor correlación respecto a la dosis del tóxico administrado. (Medinilla, 1984)

4. Justificación

El plomo es considerado uno de los contaminantes ambientales más importante, es un tóxico acumulativo, por lo que se vincula con enfermedades crónicas como saturnismo; causando daños a nivel del sistema nervioso central y periférico, sistema hematopoyético, cardiovascular y renal. El diagnóstico temprano de esta intoxicación como en cualquier otra enfermedad es de relevancia para el tratamiento y el restablecimiento de la salud de los pacientes.

Los avances tecnológicos nos traen beneficios y también problemas, uno de estos sería la contaminación del ambiente por el uso de fotocopiadoras, las que emplean un pigmento llamado tóner, que contiene metales pesados entre ellos el plomo. Los trabajadores de fotocopiadoras están expuestos a las partículas de plomo desprendidas por el tóner, esto se produce por el uso de los equipos o en el mantenimiento de los mismos; el contacto con el tóxico se puede dar a través de la piel, por inhalación al respirar el aire con material particulado, también al ingerir alimentos cerca del equipo. (Talavera & Guillén, 2010)

En la Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala existen aproximadamente 48 centros de fotocopiado, estos lugares son fuente de contaminación para los trabajadores tomando en cuenta que muchos de ellos tienen una jornada laboral larga y la mayoría de veces el lugar de trabajo es el mismo que donde ingieren sus alimentos, por lo que se encuentran expuestos a las partículas que libera el tóner, entre ellas el plomo. Conociendo la toxicidad de este metal, se hace necesaria e importante la evaluación de riesgo de intoxicación por plomo en estos sitios.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

5.1.1 Evaluar la exposición a plomo en trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria.

5.2 Objetivos Específicos

5.2.2 Verificar los niveles de plomo en sangre de los trabajadores de centros de fotocopiado.

5.2.2 Identificar las prácticas de trabajo con mayor riesgo de exposición en los centros de fotocopiado ubicados en la Ciudad Universitaria zona 12.

5.2.3 Diseñar un material impreso para prevención de intoxicaciones en el ambiente de trabajo de las empresas de fotocopiado.

6. Hipótesis

Los centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12 constituyen una fuente de exposición a plomo.

7. Materiales y Métodos

7.1 Universo y Muestra

7.1.1 Universo

El universo de trabajo es el personal que trabaja en centros de fotocopiado que se encuentran ubicados en la Ciudad Universitaria. Personas adultas de diferentes edades y de ambos sexos

7.1.2 Muestra

El estudio se realizó en muestras de sangre de los trabajadores que laboran en centros de fotocopiado que aceptaron participar en el estudio y previamente dieron su consentimiento informado por escrito para que dichas muestras fueran procesadas.

7.1.3. Criterios de Exclusión

Personas menores de edad o mujeres embarazadas.

7.2 Materiales

7.2.1. Recursos

7.2.1.1. Recursos Humanos

7.2.1.1.1. Investigador: Br. Mirna Margarita Ramírez Rivera.

7.2.1.1.2. Asesora: MSc. Carolina Guzmán Quilo, Jefe del Departamento de Toxicología de la Universidad de San Carlos de Guatemala

7.2.1.1.3. Revisora: MSc. Mayté Donis de Recinos, Profesional de Laboratorio II del Departamento de Toxicología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.1.2. Recursos Institucionales

- Biblioteca y Centro de Documentación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Biblioteca del Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio del Departamento de Toxicología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.2. Procedimiento General

7.2.2.1. Charla Informativa

Se realizó una conferencia acerca de la toxicidad de plomo y el riesgo ocupacional que representa para las empresas de fotocopiado, en la cual participaron 10 personas. (Ver anexo 5)

7.2.2.2. Toma de muestras biológicas

Se procedió a la recolección de muestras de sangre, 5 ml, a los 10 trabajadores que previamente aceptaron participar en el estudio con el consentimiento informado por escrito debidamente firmado. Seguidamente se procesó las muestras según inciso 7.3.1.

7.2.2.3. Observación del área

Se observó el área de muestreo y se llenó el formulario correspondiente (ver anexo 4)

7.2.3. Equipo e instrumentos

7.2.3.1. Análisis de plomo en sangre

- Agitador rotatorio marca Fisher o equivalente
- Balanza analítica
- Baño de ultrasonido
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica con horno de grafito, corrector de fondo y muestreador automático Perkin Elmer, Modelo A- Analyst 700.
- Lámpara de Plomo de cátodo hueco o de descarga sin electrodo
- Microcentrífuga
- Pipetas de émbolo

- Refrigeradora

7.2.4. Material y cristalería

7.2.4.1. Análisis de plomo en sangre

- Guantes de látex.
- Balones volumétricos de 10 y 100 mL
- Bulbo de hule para pipetas de Pasteur
- Embudos de plástico
- Espátula
- Gradilla
- Papel filtro Whatman No 1
- Pipetas de Pasteur
- Pipetas de vidrio serológicas
- Probetas
- Puntas para pipetas de émbolo
- Tubos de centrifuga Eppendorf
- Microtubos de centrifuga
- Recipientes plásticos para disoluciones lavadoras (viene con el equipo de AA)
- Tubos de grafito
- Copas de plástico de muestreo
- Soporte de duroport para copas
- Tubos de plástico con tapadera de presión hermética con capacidad aproximada de 5ml

7.2.5. Reactivos y materias primas

7.2.5.1. Análisis de plomo en sangre

- Ácido Nítrico ultra puro grado AA
- Agua destilada tipo I: $\pm 1.0 \text{ MU cm}^{-1}$

- Argón como gas de purga grado de alta pureza
- Estándar de Plomo (1000 mg/L) 0 1000 µg/mL con certificado de análisis
- Fosfato Monobásico de Amonio ultrapuro (NH₂)₂ HPO₄
- Octil-fenoxi-polietoxietano (Tritón X- 100)
- Ácido Nítrico 1.6 M
- Disolución de lavado automático
- Disolución estándar de plomo 10 mg/mL o 1 mg%.
- Disoluciones de Trabajo: 2 ug/%, 4 ug %, 8 ug %.

7.2.6. Papelería y equipo

- Computadora
- Memoria USB
- Hojas de papel
- Impresora
- Tinta
- Fotocopias
- Folder con gancho
- Teléfono

7.3. Métodos

7.3.1. Plomo en sangre

7.3.1.1. Procedimiento para el lavado de cristalería y materiales:

7.3.1.1.1. Se lavó con agua corriente los implementos e instrumental de vidrio, plástico u otros.

7.3.1.1.2. Se sumergió en una disolución de detergente catiónico (Extrán[®] MA 02) al 2.0%, al menos durante 2 horas.

7.3.1.1.3. Se enjuago con agua corriente.

7.3.1.1.4. Se sumergió en una solución que contenga ácido nítrico al 10%, se dejan reposar al menos 12 horas.

7.3.1.1.5. Se enjuago abundantemente con agua ultrapura.

7.3.1.1.6. Se secaron perfectamente dejándolos escurrir.

7.3.1.1.7. Se dejó enfriar sobre una superficie teniéndolos cubiertos para evitar que se contaminen por fuentes externas.

7.3.1.1.8. Se guardaron en bolsas de plástico para evitar la contaminación de cualquier agente externo.

7.3.1.2. Preparación de Disoluciones Reactivas

7.3.1.2.1. Disolución estándar 10 mg/L (1mg %):

Se midió 0.1 mL de la disolución patrón de Plomo (1000 mg/L en ácido nítrico ultrapuro al 5 %) y llevó a balón volumétrico de 10 mL con ácido nítrico al 5 % v/v. La vigencia de esta disolución es de un mes. (Norma Oficial Mexicana N -199-SSA 1-2000)

7.3.1.2.2 Disolución de trabajo de 8 µg%:

De la disolución estándar de 1 mg%, se tomó 80 µL y se agregó a un balón aforado de 10 mL. Se llevó a volumen con ácido nítrico ultra puro al 5% v/v.

Alícuota de Disolución Estándar	Concentración Disoluciones de Trabajo
80 µL	8 µg%

Nota: Se programó el equipo para que tomara alícuotas de la disolución de trabajo de 8 µg%, para que prepare disoluciones de trabajo de 2 µ% y 4 µ%.

7.3.1.2.3. Disolución Modificadora de Matriz:

En un balón volumétrico de 100 mL, se añadió 0.2 g de Fosfato Monobásico de Amonio y una cantidad mínima de agua para humedecerlo y obtener su disolución. Seguidamente, adicionó 0.5 mL de Tritón X-100 y 0.2 mL de Ácido Nítrico ultrapuro, se mezcló y aforó con agua destilada.

Importante: Se hicieron los cálculos necesarios para preparar volumen menor. Se guardó la disolución en recipiente plástico bien cerrado y se mantuvo congelada. (Norma Oficial Mexicana N -199-SSA 1-2000)

7.3.1.2.4. Disolución de Lavado Automático:

Se midió 200 mL de agua, adicionando 10 mL de Tritón X-100, se disolvió en baño de ultrasonido y fue llevado a volumen de 2000 mL, se trasvasó a una botella de plástico de boca ancha con tapón de rosca.

7.3.1.2.5. Ácido Nítrico 1.6 M:

Se midió 11.16 mL de ácido nítrico y se trasvasó cuidadosamente a un balón volumétrico de 100 mL conteniendo agua, se mezcló, dejó enfriar y fue llevado a volumen con agua destilada.

7.3.1.3. Procedimiento:

7.3.1.3.1. Previo a tomar la alícuota correspondiente, se agitó manualmente el tubo plástico que almacenaba la muestra, hasta conseguir que ésta fuera homogénea.

7.3.1.3.2. En tubos plásticos, identificados, se agregó:

Reactivos	Blanco	Estándares	Muestra	Muestra control
Agua destilada	0.2 mL	0.1 mL	0.1 mL	-
Estándar de 8 µg%	-	0.1 mL	-	0.1 mL
Sangre completa	-	-	0.1 mL	0.1 mL de alguna de las muestras que se estén trabajando

Disolución modificadora de matriz	0.8 mL	0.8 mL	0.8 mL	0.8 mL
5.3. Se homogenizó durante 30 minutos en agitador eléctrico.				
Ácido Nítrico 1.6 M	0.5 mL	0.5 mL	0.5 mL	0.5 mL
5.4. Se homogenizó por 15 minutos más en agitador eléctrico.				
Se pasó el contenido de todos los tubos a tubos de centrífuga eppendorf	Centrifugar 5 minutos	Centrifugar 5 minutos	Centrifugar 5 minutos	Centrifugar 5 minutos

7.3.1.3.3. Se pasaron todos los sobrenadantes a las copas de lectura colocadas en un soporte de duroport identificadas apropiadamente.

7.3.1.3.4. Se colocaron las copas en el soporte rotatorio del Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

7.3.1.3.5. Se procedió a encender el Espectrofotómetro de Absorción Atómica de acuerdo al instructivo. Ver página 20, en anexo No. 5.

7.3.1.4. Cálculos:

7.3.1.4.1. Muestras: Se programó el equipo, para que los resultados se obtuvieran en $\mu\text{g}\%$.

7.3.1.4.2. Muestra contaminada: Se obtuvo el porcentaje de recuperación tomando como 100% la concentración del estándar con la que se contaminó la muestra.

7.3.1.5. Resultado:

El resultado se expresa en $\mu\text{g}\%$.

7.3.1.6. Interpretación:

El análisis de los resultados obtenidos se hizo en base a la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (“ACGIH” por sus siglas en inglés) identifica $30\mu\text{g}/100\text{ ml}$

8. Resultados

Tabla No. 1 Datos generales del grupo de estudio

No. Muestra	Género	Edad (años)	Altura (metros)	Peso (libras)	Escolaridad	Fumador
1.12.11.2014	Femenino	43	NI	NI	NI	No
2.12.11.2014	Masculino	26	1.73	163	Diversificado	No
3.12.11.2014	Femenino	21	1.64	140	Diversificado	No
4.12.11.2014	Femenino	24	NI	NI	Diversificado	No
5.13.11.2014	Masculino	29	1.71	130	Diversificado	No
6.13.11.2014	Masculino	39	1.58	152	Diversificado	No
7.13.11.2014	Masculino	27	1.73	NI	NI	Si
8.13.11.2014	Masculino	23	1.67	175	Universitaria	Si
9.13.11.2014	Masculino	24	1.68	NI	Universitario	No
10.13.11.2014	Masculino	23	1.60	189	Medio Básico	No

Fuente: Datos obtenidos del consentimiento informado de los participantes del estudio.

*NI = No Indica

Tabla No. 2 Condiciones del Trabajo

No. Muestra	Tiempo de laborar en el centro de fotocopiado	Jornada de trabajo	Tiempo de laborar en el mismo trabajo
1.12.11.2014	6 años	13 horas	6 años
2.12.11.2014	3 años	12 horas	NI
3.12.11.2014	1 año	12 horas	NI
4.12.11.2014	3 años	8 horas	NI
5.13.11.2014	4 años	9 horas	4 años
6.13.11.2014	15 años	13 horas	15 años
7.13.11.2014	10 años	12 horas	10 años
8.13.11.2014	NI	10 horas	5 años
9.13.11.2014	8 días	6 horas	8 días
10.13.11.2014	9 años	12 horas	NI

Fuente: Datos obtenidos del consentimiento informado de los participantes del estudio.

*NI = No Indica

Tabla No. 3 Hábitos de higiene

No. Muestra	Frecuencia del uso del baño	Frecuencia de lavado de manos	Frecuencia del cambio de ropa
1.12.11.2014	Diario	3 veces al día	Diario
2.12.11.2014	Diario	Antes de comer	Diario
3.12.11.2014	Diario	3 veces al día	2 veces al día
4.12.11.2014	Diario	3 veces al día	Diario
5.13.11.2014	Diario	Frecuentemente	Diario
6.13.11.2014	Diario	2 veces al día	Diario
7.13.11.2014	Por Higiene	NI	NI
8.13.11.2014	Diario	10 veces al día	2 veces al día
9.13.11.2014	Diario	Frecuentemente	Diario
10.13.11.2014	Diario	Frecuentemente	Diario

Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Tabla No. 4 Niveles de plomo en sangre de los trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC, zona 12

No. Muestra	µg%	Señal
1.12.11.2014	0.452	0.003
2.12.11.2014	0.133	0.001
3.12.11.2014	-0.530	ND (-0.003)
4.12.11.2014	1.014	0.007
5.13.11.2014	0.132	0.001
6.13.11.2014	-0.016	ND (-0.000)
7.13.11.2014	0.693	0.004
8.13.11.2014	-0.366	ND (-0.002)
9.13.11.2014	-0.593	ND (0.004)
10.13.11.2014	-0.004	ND (-0.540)
Muestra Contaminada	9.552	0.062
Estándar	8.357	0.054

Fuente: Datos experimentales, muestras obtenidas en Ciudad Universitaria USAC Zona 12 y analizadas en el Laboratorio del Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica de Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Universidad de San Carlos de Guatemala.

*ND= No detectado

Tabla No. 5 Persona que se encarga del cambio de Tóner

No. Muestra	Trabajador de centro de fotocopiado	Técnico de mantenimiento
1.12.11.2014	X	
2.12.11.2014	X	
3.12.11.2014	X	
4.12.11.2014	X	
5.13.11.2014	X	
6.13.11.2014	X	
7.13.11.2014	X	
8.13.11.2014	X	
9.13.11.2014		X
10.13.11.2014	X	

Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Tabla No. 6 Donde se almacenan los tóner vacíos

No. Muestra	Bodega especial	Centro de fotocopiado
1.12.11.2014		X
2.12.11.2014		X
3.12.11.2014		X
4.12.11.2014		X
5.13.11.2014		X
6.13.11.2014		X
7.13.11.2014		X
8.13.11.2014		X
9.13.11.2014	X	
10.13.11.2014		X

Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Tabla No. 7 Donde se almacenan los tóner nuevos

No. Muestra	Bodega especial	Centro de fotocopiado
1.12.11.2014		X
2.12.11.2014		X
3.12.11.2014		X
4.12.11.2014		X
5.13.11.2014		X
6.13.11.2014		X
7.13.11.2014		X
8.13.11.2014		X
9.13.11.2014	X	
10.13.11.2014		X

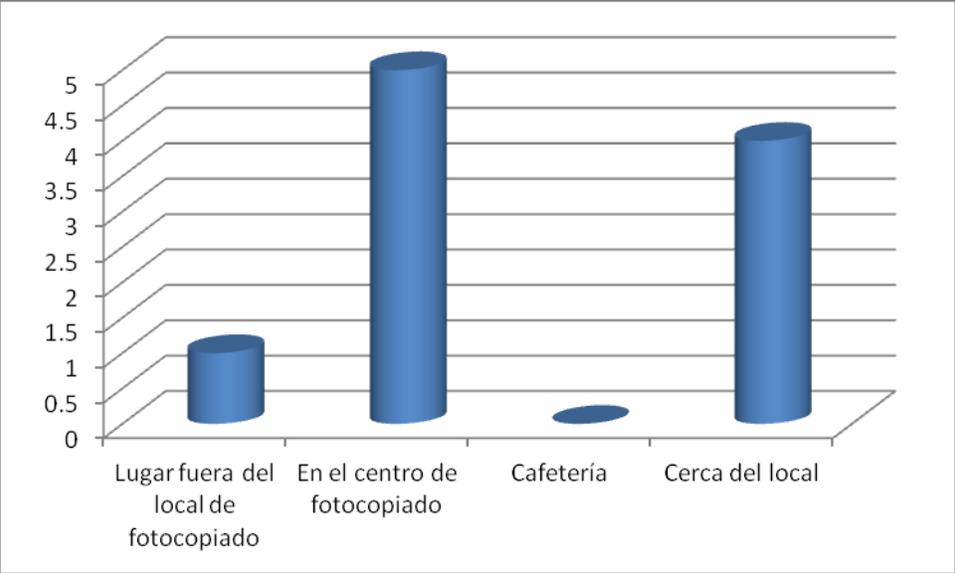
Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Tabla No. 8 Dónde consumen los alimentos los trabajadores

No. Muestra	Lugar fuera del local de fotocopiado	En el centro de fotocopiado	Cafetería	Otro
1.12.11.2014				Cerca del local
2.12.11.2014				Cerca del local
3.12.11.2014				Cerca del local
4.12.11.2014				Cerca del local
5.13.11.2014		X		
6.13.11.2014		X		
7.13.11.2014		X		
8.13.11.2014	X			
9.13.11.2014		X		
10.13.11.2014		X		

Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Gráfica No. 1 Dónde consumen los alimentos los trabajadores



Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Tabla No. 9 Uso de equipo de seguridad para cambiar tóner

No. Muestra	SI	No	No se presenta evidencia
1.12.11.2014		X	
2.12.11.2014		X	
3.12.11.2014		X	
4.12.11.2014		X	
5.13.11.2014		X	
6.13.11.2014			X
7.13.11.2014			X
8.13.11.2014			X
9.13.11.2014			X
10.13.11.2014			X

Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

Tabla No. 10 Características de la ubicación del centro de fotocopiado muestreado

No. muestra	Ventilación		Iluminación		Ubicación en referencia a Edificio		Material de Paredes		Material del piso		
	Si	No	Si	No	Afuera	Dentro	Cemento	Tabla yeso	Cemento	Piso granito	Piso Cerámico
1.12.11.2014	X		X			X	X	X		X	
2.12.11.2014	X		X			X	X	X		X	
3.12.11.2014	X		X			X		X		X	
4.12.11.2014	X		X			X		X		X	
5.13.11.2014	X		X		X		X				X
6.13.11.2014	X		X			X		X	X		
7.13.11.2014	X		X			X		X	X		
8.13.11.2014	X		X		X		X		X		
9.13.11.2014	X		X		X		X			X	
10.13.11.2014	X		X		X		X			X	

Fuente: Datos obtenidos mediante observación en centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC Zona 12 muestreados

9. Discusión de Resultados

A lo largo del tiempo y gracias a los avances de la ciencia se ha visto que la salud de las personas puede verse afectada por la clase de trabajo en la que se desempeña a lo largo de su vida, por lo que en la actualidad la salud ocupacional ha tenido gran impacto en las investigaciones, ya que se busca disminuir riesgos de padecer algún tipo de enfermedad ocupacional. El plomo debido a su alto nivel tóxico es uno de los elementos que con mayor frecuencia desencadenan enfermedades de tipo ocupacional, esto se debe a que se encuentra en una diversidad de lugares como baterías de carro, gasolina, pintura, cerámica, tintas, etc.

En el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar la exposición a plomo en trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria Zona 12, debido al contenido de este metal en el tóner que utilizan las fotocopiadoras; tomando en cuenta que este grupo de personas realizan una jornada laboral extensa que puede durar hasta 12 horas, como se puede observar en la tabla de resultados No. 2.

El procedimiento para evaluar la exposición a plomo de los trabajadores de los centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria Zona 12, fue por medio de muestras de sangre que se tomaron de los trabajadores previo a dar su consentimiento informado. Antes de realizar la toma de muestras de sangre se les impartió una charla informativa sobre el plomo y su toxicidad. Las muestras recolectadas se analizaron por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

Entre las razones por las que los trabajadores de centros de fotocopiado se encuentran con riesgo de que ingrese el plomo en su organismo se debe a que durante su jornada laboral están expuestos a las partículas de plomo que se liberan del tóner; las cuales permanecen en el ambiente por lo que se pueden

absorber por ingestión cuando se come en el centro de fotocopiado o muy cerca del mismo, hábito que algunos trabajadores poseen como se puede indicar en la tabla de resultados No. 8. También puede ingresar por inhalación o absorción cutánea por el período de tiempo que pasan en los locales, los cuales cuentan con ventilación escasa lo que contribuye a que las partículas se mantengan en el ambiente de trabajo.

En la mayoría de casos los trabajadores realizan el cambio de tóner a la fotocopidora sin el equipo de protección adecuado como guantes y mascarilla o protector respiratorio, como se observa en la tabla No.5 que indica que, 9 de 10 trabajadores son los encargados de realizar el cambio de tóner de la fotocopidora los cuales tanto nuevo como vacío, se guardan en el mismo local sin tener ninguna área designada especial para estos; en el caso donde se tiene una bodega especial para el almacenar el tóner nuevo como vacío es en el cual contratan un técnico especial para el mantenimiento y cambio del tóner. En la tabla No. 9 se indica que 5 de los 10 trabajadores no utilizan equipo de protección y de los otros 5 no se pudo evidenciar como realizan el trabajo. Estas situaciones pueden provocar que los trabajadores tengan contacto con la piel o inhalen las partículas de tóner.

En la tabla No. 4 se presentan los resultados de las muestras de sangre de los trabajadores de los centros de fotocopiado que se analizaron, los cuales se encuentran por debajo del límite permisible por la Administración de la Seguridad y la Salud Ocupacional (“OSHA” por su siglas en ingles) que identifica $50\mu\text{g}/100\text{ ml}$ como valor máximo de plomo para trabajadores expuestos y por el de la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (“ACGIH” por sus siglas en ingles) que identifica $30\mu\text{g}/100\text{ ml}$ como valor máximo de plomo para trabajadores expuestos.

Estos resultados no confirman la hipótesis de este trabajo, pero tampoco representa que el grupo que labora en centros de fotocopiado no esté en riesgo de presentar algún tipo de enfermedad causada por el plomo, debido a que este

metal no se elimina del organismo por lo que si se encuentran expuestos a mínimas cantidades durante un periodo muy largo, podría provocar que el plomo se acumule en el organismo lo que en el futuro pueda ser un factor para que este grupo de personas presente un problema de salud.

Los niveles de plomo en sangre es el marcador biológico que se ha utilizado con mayor frecuencia para evaluar la exposición aguda en el ambiente de trabajo; en gran parte porque el muestreo de plomo en sangre es reconocido como un procedimiento relativamente fácil; sin embargo tiene la desventaja que el plomo en la sangre posee una vida biológica media de alrededor de 30 días; por lo que no es un marcador lo suficientemente sensible para la medición de la exposición crónica o a largo plazo. Sin embargo debido a que este metal puede acumularse en los huesos, se ha asociado el medir plomo en huesos, como sustituto de marcador biológico para el análisis de este metal. Un estudio realizado por Aguilar & et. al. en una imprenta en México en 1999 muestra que los niveles de plomo en sangre de los trabajadores son menores que los niveles de plomo en hueso (tibia y rótula) de los mismos trabajadores, esto se debe a que el plomo se deposita en otros órganos principalmente en el tejido óseo. El inconveniente de la medición de plomo en huesos es que requiere equipo especializado y de alto costo por lo que su uso es limitado, en Guatemala no existe el equipo para realizar esta medición.

Se debe considerar que las instalaciones juegan un papel relevante en la exposición al contaminante, ya que al encontrarse afuera de los edificios los centros de fotocopiado tiene mejor ventilación lo que ayuda a la circulación del aire y que las partículas del tóner no se queden encerradas, si se compara la tabla No. 10 con la tabla No. 4, se evidencia que los valores son bajos en los centros de fotocopiado que se encuentra fuera de los edificios, aunque no es un dato que influya en el estudio debido a que ninguno de los trabajadores presentó una concentración por arriba del límite permisible.

En la tabla No. 10 se presentan las características de las instalaciones, en los centros de fotocopiado muestreados se observaron pisos de cemento pulido, granito y cerámico, no se observó la presencia de alfombras, al igual en las paredes se evidenció texturas lisas de cemento o tabla yeso, no se presentó paredes con textura como cernido plástico o algún tipo de repello que diera textura a estas; lo cual favorece que no haya contaminación y facilitando la limpieza de forma adecuada, se recomendaría el uso con paños húmedos y no utilizar plumeros para sacudir porque podrían levantar las partículas de plomo y estas pueden ser inhaladas, además se recomienda una limpieza frecuente para eliminar la mayor cantidad de plomo en el ambiente, estas recomendaciones fueron indicaciones al momento de la charla informativa que se les brindó como medida preventiva para evitar contaminación por plomo.

Dentro del análisis factorial se tomó en cuenta “dónde se consumen los alimentos” (representado en la grafica No. 1), debido a que el plomo se puede absorber por vía digestiva, se debe tener en cuenta la ubicación en donde se toman los alimentos debido a que si estos se contaminan debido a las partículas de plomo que se encuentran en el ambiente al momento de consumir sus alimentos los trabajadores estarán ingiriendo de igual manera partículas de plomo. Al comparar los resultados de la tabla No. 4 niveles de plomo en sangre de los trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria USAC zona 12 con la tabla No. 8 “dónde consumen los alimentos los trabajadores” podemos observar que de 10 trabajadores, 1 consume sus alimentos fuera del local, consumir los alimentos fuera del local es un medida preventiva que también se les indicó al momento de la charla informativa a los participantes del estudio.

Los trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria zona 12 tienen jornadas de trabajo extensas, en contacto con el plomo presente en el tóner que utilizan las fotocopiadoras. Los resultados de este estudio demuestran que este grupo de personas se encuentra por debajo de los límites permisibles,

concentraciones de plomo para personas expuestas, sin embargo no deja de estar en riesgo por lo que es importante tomar medidas preventivas ya que el plomo puede generar enfermedades como hipertensión relacionada al plomo, cefaleas, fatiga, anemia, trastornos reproductivos, problemas cognitivos, problemas renales y deformación de huesos por mencionar algunos de los muchos que provoca este metal.

Como parte de la prevención de la intoxicación por plomo debe realizarse un monitoreo periódico de los niveles de dicho metal como se ha mencionado anteriormente. Por el momento en Guatemala solo se logra cuantificar el plomo en la sangre, pero si se pudiera lograr medir el plomo en hueso de tibia y rótula con un detector 109 de rayos X-K-fluorescentes sería ideal, y lograr medir las bajas concentraciones acumuladas en un período largo de tiempo. Pudiendo de esta manera prevenir intoxicaciones graves por este metal y más importante aún poder eliminarlo del cuerpo humano antes de que le cause severos daños irreversibles.

10. Conclusiones

1. Los trabajadores de centros de fotocopiado de la Ciudad Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala Zona 12 presentan concentraciones de plomo en sangre por debajo del límite establecido para personas expuestas por la Administración de la Seguridad y la Salud Ocupacional (“OSHA” por su siglas en ingles) la cual indica $50\mu\text{g}/100\text{ ml}$ como valor máximo de plomo y, por debajo del límite establecido para personas expuestas por la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (“ACGIH” por sus siglas en ingles) que identifica $30\mu\text{g}/100\text{ ml}$. El promedio de plomo en sangre encontrado es $0.0915\ \mu\text{g}\%$
2. Las prácticas de trabajo con mayor riesgo de exposición a plomo en trabajadores de los centros de fotocopiado son:
 - El cambio de tóner sin el uso del equipo de seguridad adecuado.
 - El consumir alimentos dentro del local
3. Se elaboró material impreso y se impartió una charla informativa al personal que labora en centros de fotocopiado para concientizar acerca de las medidas preventivas que se deben tomar en cuenta para evitar así la contaminación del personal.

11. Recomendaciones

1. Capacitar a los trabajadores para que tomen medidas preventivas y evitar la contaminación por plomo debido al trabajo que realizan y al manejo del tóner.
2. Recomendar la medición anual de niveles de plomo en sangre a los trabajadores expuestos en centros de fotocopiado.
3. Procurar el montaje del método de análisis de plomo en huesos en el Departamento de Toxicología de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala de manera que pueda ofrecerse como un servicio a los trabajadores expuestos a plomo
4. Realizar un estudio de evaluación de la calidad del aire de los centros de fotocopiado, contabilizando las partículas suspendidas, sobre todo en los locales cerrados.

12. Referencias

- Aguilar, G.; Piacitelli, G.; Juarez, C.; Vazquez, J.; Hu, H.; Hernández, M. (1999) Exposición ocupacional a plomo inorgánico en una imprenta de la Ciudad de México. *Salud Pública de México* 41(1) pp. 42-59.
- Bellosa, S. (2009) “Exposición a plomo en trabajadores de centros de diagnóstico ubicados en una red de hospitales privados de la Ciudad de Guatemala. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Bendfeldt, L. (1987) Incidencia de Saturnismo y sus causas en la población. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Calabuig, G. (2004). *Medicina legal y toxicología*. (6° ed). Barcelona, Masson, S.A
- Comisión de Salud Pública, Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. (1999) *Plomo*. España, Ministerio de Sanidad y Consumo, pp. 18
- Cheng, Y.; Willett, W.; Schwartz, J.; Sparrow, D.; Werss, S.; Hu, H. (1997) Relation of nutrition to bone lead and blood level levels in middle-aged to elderly men The normative aging Study. *American Journal of Epidemiology* 147(12) pp. 1162-1174.
- Chun, E. (2000) Determinación cadmio, cobre y plomo en especies marinas de los océanos Atlántico y Pacífico de Guatemala por técnicas Voltamperométricas. [Tesis para optar al título de Química, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Daniel, W. (2002) Bioestadística: Base para análisis de las ciencias de la salud: (4° ed.). México: Editorial Limusa-Wiley

Dreisbach, R. (1984). Manual de toxicología clínica. (5° ed.). México: Editorial El Manual Moderno

Elango, N.; Kasi, V.; Vembhu, B. & Poomima, J. (2013). Chronic exposure to emissions from photocopiers in copy shops causes oxidative stress and systematic inflammation among photocopier operators in India. *Environmental Health*, 12(78) National Institute for Occupational Safety and Health. Pp. 1-12

Girón, D. (2000) Niveles de plomo en sangre en niños con bajo rendimiento escolar. [Tesis para optar al título de Médico y Cirujano, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

González, P. (2010) Análisis de la contaminación por plomo y mercurio en el músculo de las tilapias *Oreochromis niloticus* proveniente del lago de Amatitlán. [Tesis para optar al título de Acuicultor, en el grado de Licenciatura] Facultad de Acuicultura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Hashisho, Z. and El-Fadel, M. (2004) Impacts of traffic induce lead emissions on air, soil and blood lead. Lead levels in Beirut. *Environmental Monitoring and Assessment*. 93. Pp. 185-202

Hu, H., Rabinowitz, M. and Smith D. (1998) Bones lead as biological marker in epidemiologic studies of chronic toxicity: conceptual paradigms. *Environmental Health Perspectives*. 106 (1), pp. 1-8.

- Jacinto, G. (2010) Determinación del contenido de plomo en delineadores de ojos de venta en distribuidores populares de Guatemala. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Jacobson, B.E.; Locktich, G.; and Quigley G. (1991). Omprover simple preparation foa accurate of low concentrations of lead in whole blood by graphite furnace analysis. Clin. Che. Vol 37, No 4, 515-519.
- Kentner, M. & Fischer, T. (1994) Lead exposure in starter battery production: investigation of the correlation between air lead and blood lead levels. Int. Arch. Occup. Eviron. Health. 66. pp. 223-228
- Ladou, J. (1999) Medicina Laboral y Ambiental. Editorial Manual Moderno, (2°ed.) Traducida de la 2da. Edición en Inglés.
- Ladron, J., Moya, V. (1995). Toxicología médica, clínica y laboral. (1°ed.). España: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Martí, J. y Desoille (1986) Medicina del Trabajo. 2da. Edición. Editorial. Masson. España.
- Mazariegos, L. (1995) Análisis por reflexión total de rayos X de arsénico, cobre, hierro y plomo en las aguas de los ríos "Helado y Selegua" procedentes de los residuos del proceso de explotación de estibnita de las monas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Marroquín, J. (2015) Validación del método de análisis de plomo en sangre por medio de espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito del Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala [Tesis para optar al título de Química Farmacéutico, en

el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala

Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación (2006) Anexo VIII Propuesta de Glosario de Salud del Trabajador. Argentina. Recuperado: www.bvs.org.ar/pdf/saluddeltrabajo.pdf

Molina, N., Aguilar, P., y Cordovez, C. (2010) Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. 08(1) pp. 77-88

Morán, G. (2011) Reevaluación de los niveles de plomo en tejido muscular de peces- *Cichlasoma managuense sp* (Guapote o Pez Tigre). Del lago de Amatitlán. [Tesis para optar al título de Químico Farmacéutico, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Nilsson, J.; Hedmer, M.; Lundh, T.; Nilsson, L.; Skertving, S. & Bergdahl, I. (2013) Journal of exposure. Science and Environmental Epidemiology. pp. 1-7 DOI 10.1039/jes.2013.4

Norma Oficial Mexicana N -199-SSA 1-2000, Salud ambiental, niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no oficialmente. <http://www.salud.gob.mx/unidades/di/nom/99ssa10.html> 13/06/2007

Oliva, P.; García, K.; Cortez, R.; Dávila, R.; Alfaro, M. & Duke, V. (2001) Monitoreo del aire manual de laboratorio. Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico (Swisscontact). Centro América

- Peña, L. Arroyave, C. Aristizábal, J. Gómez, U. (2010) Toxicología clínica. Corporación para Investigaciones biológicas. Colombia.
- Pinetta, M. (1999) Determinación del contenido de plomo en sales de consumo humano comercializadas en algunos puntos de venta de la capital de Guatemala por colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Portillo, J. (1997) Estimación de niveles de plomo en sal común para consumo humano que se distribuye en Guatemala. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Quer, S. (1983) Toxicología Industrial. Salvat Editores, S.A. Barcelona, España.
- Ramírez, A. (2008) Exposición a plomo en trabajadores de fábricas informales de batería. *Anual Facultad de Medicina*. 69(2) pp. 104-107
- Repetto, M. Repetto, G. y Soria, L. (1995) Toxicología Avanzada. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos, S.A. pp. 308-309
- Rodés, J., Guardia, J. (1997). Toxicología clínica y enfermedades por agentes físicos. (Tomo II). Barcelona: Masson, S.A.
- Reynolds, S.; Seem, R.; Fourter, L.; Sprince, N.; Johnson, J.; Walkner, L.; Clarke, W. & Whitten, P. (1999) Prevalence of elevated blood leads and exposure to lead in construction trades in Iowa and Illinois. *American Journal of Industrial Medicine*. 36. pp, 307-316

- Schütz, A. & et al. (2005) Lead in finger bone, whole blood, plasma and urine in lead-smelter workers: extended exposure range. *Int. Arch. Occup. Environ Health*. 78 pp. 35-43. DOI 10.1007/500420-004-0559-5
- Suwansaksri, J.; Teerasart, N.; Wiwanitkit, V. & Chaiyaset, T. (2002) High blood lead level among garage workers in Bangkok public concern is necessary. *Biometals*. 15. Pp. 367-370
- Talavera, M. y Guillén, M. (2010). Evaluación de metales pesados en el tóner usado en fotocopiadoras, su relación con los trabajadores y medidas de mitigación. *Revista de la Sociedad Química de Perú*, 76(2) pp. 179-186.
- Trejo, G. (1998) Contaminación por plomo causada por una industria recuperadora del metal y su impacto sobre las personas que residen en sus cercanías. [Tesis para optar al título de Química Farmacéutica, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Valvidia, M. (1995). Intoxicación por plomo. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*. 8 (1). 22-26
- Vargas, E. (2008). *Medicina forense, toxicológica y laboral, Medicina y ciencias forenses para médicos y abogados (1°ed.)*. México: Editorial Trillas.
- Vásquez, I. (2003) Determinación de plomo, cadmio y cobre en fuentes de agua de la República de Guatemala por voltamperometría diferencial de redisolución anódica. [Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, en el grado de Licenciatura] Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Wiwanitkit, V. & Suwansaksri, J. (2008) High blood lead level among the Mahayana Buddhist monk: a note for enviromental implication. *Stoch Environ Res Risk Assess.* 22. pp. 205-807 DOI 10.1007/s00477-007-0188-0

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)

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. 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)

13.1.2. 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. 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 y Guardia, 1997)

Se distinguen tres posibles fuentes de intoxicación:

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. (Calabuig, 2004)

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 antimonio de plomo o amarillo de Nápoles. (Calabuig, 2004)

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 (Calabuig, 2004)

13.1.3. Toxicocinética

13.1.3.1. 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 —picall 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)

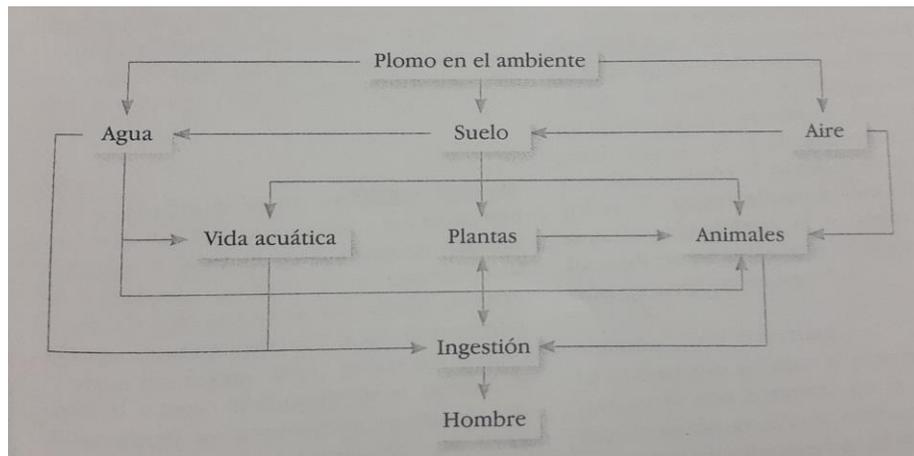


Figura No. 1 Vías de contaminación del plomo del ambiente al hombre. (Peña, 2010)

13.1.3.2 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. 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. 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)

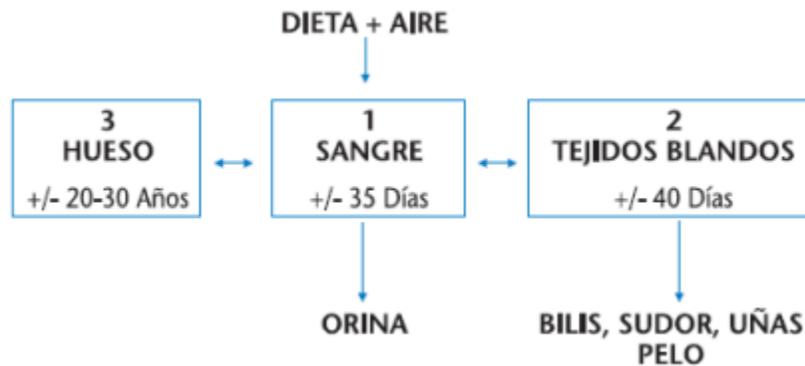


Figura No. 2 Distribución del plomo, modelo de los tres compartimentos en el organismo humano.

13.1.3.3. 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 —ceroll 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)

13.1.4. Mecanismo de acción o toxodinamia

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrido, 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, sobre todo 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.

13.1.4.1. 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)

13.1.4.2. 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)

13.1.4.3. 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 coproporfinógeno-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)

13.1.4.4. 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)

13.1.4.5. 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)

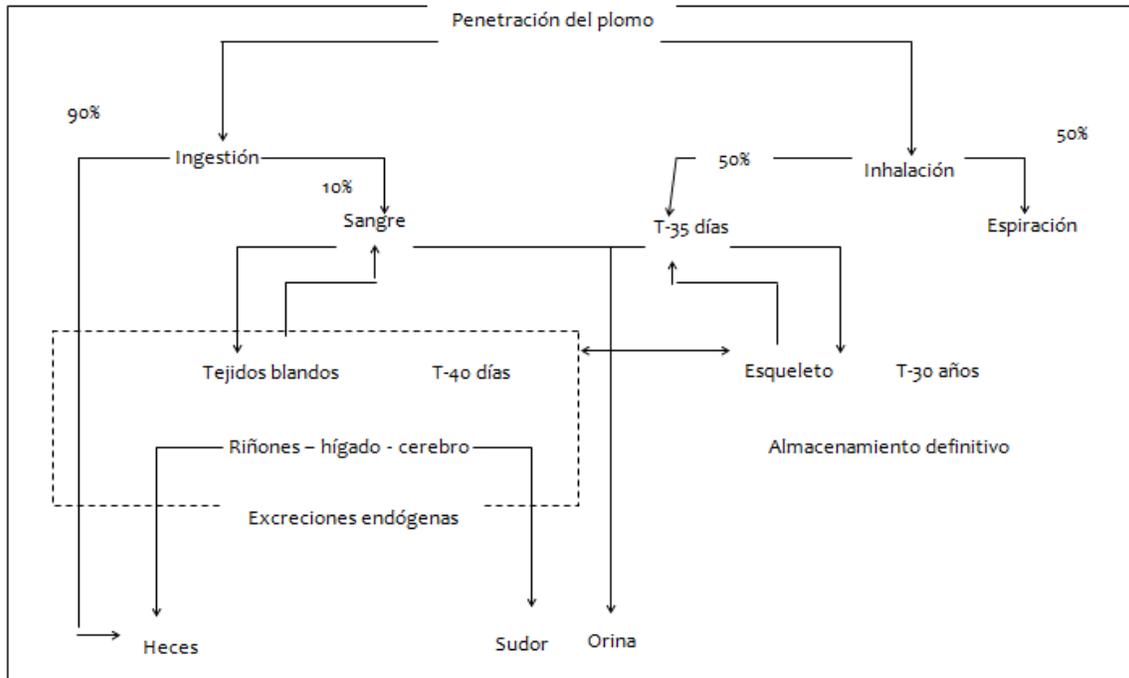


Figura No. 3 Cinética del plomo (Peña, 2010)

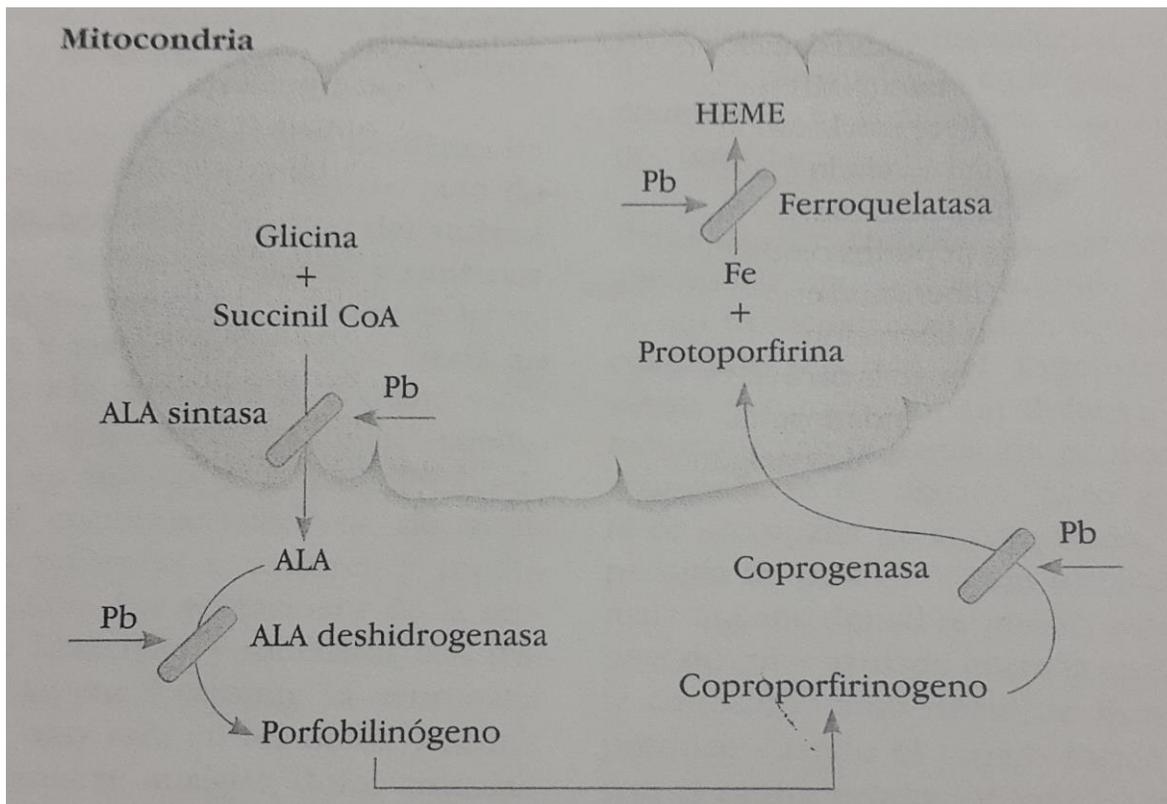


Figura No. 4 Enzima inhibidas en la síntesis del Hem. (Peña, 2010)

13.1.5. Clínica

13.1.5.1. 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:

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. (Calabuig, 2004)

13.1.5.2. 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)

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



Figura No. 5 Relación entre los efectos a la salud y los niveles sanguíneos de plomo. (Peña, 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

13.1.6. 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 µg 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/lit, indican que han ocurrido algunos efectos del plomo. Una cifra arriba de 19 mg/lit 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)

13.1.7. 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. Su principal efecto adverso es la nefrotoxicidad. Debe confirmarse una diuresis adecuada antes de administrarlo. Cuando se emplea en combinación con el BAL, debe empezarse después de la segunda dosis de aquel. (Vargas, 2008)
- 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. 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. 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)

13.1.8. 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.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmacéutica
Departamento de Toxicología
Estudio titulado: "EXPOSICIÓN A PLOMO EN CENTROS
DE FOTOCOPIADO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA"



13.2 Anexo No. 2: Carta de invitación a conferencia

Guatemala, noviembre 2014

Señores Encargados del Centro de Fotocopiado
Campus Central
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimados Señores

Por este medio se le hace una cordial invitación a participar en la conferencia "Plomo y su relación con las Fotocopiadoras", que forma parte del estudio "EXPOSICIÓN A PLOMO EN CENTROS DE FOTOCOPIADO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA"; dicho evento se estará realizando el día 12 de noviembre de 2014 a las 9:00 am en el Salón Multimedia, edificio T-11 3° nivel salón 301 Ciudad Universitaria zona 12.

Agradeciendo de antemano su participación.

Atentamente

Br. Mirna Margarita Ramírez Rivera
No. Carnet 200910941
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmacéutica
Universidad de San Carlos de Guatemala



13.3 Anexo No. 3: Consentimiento Informado

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 CENTROS DE FOTOCOPIADO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA". 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.)

Fuma: Si No

Escolaridad: _____

2. Condiciones de trabajo:

Tiempo de laborar en el centro de fotocopiado: _____

Jornada de trabajo: _____

Tiempo de laborar en el mismo trabajo: _____

3. Enfermedades que padece:

4. Otro trabajo

¿Dónde? _____

5. Hábitos de higiene

Con que frecuencia se
baña: _____

Con que frecuencias se lava las manos

Con que frecuencia realiza el cambio de ropa

Estoy dispuesto a participar en el estudio “EXPOSICIÓN A PLOMO EN CENTROS DE FOTOCOPIADO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA”, donando para este fin, 5 cc (ml) de sangre, para que me sea medido el nivel de plomo en sangre únicamente.

El resultado de mi análisis deseo me lo envíe a

Firma

No. DPI

13.4 Anexo No. 4 Hoja de observación de los centros de fotocopiado



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Química Farmacéutica
Departamento de Toxicología
Estudio titulado: "EXPOSICIÓN A PLOMO EN
CENTROS DE FOTOCOPIADO DE LA CIUDAD
UNIVERSITARIA".



HOJA DE OBSERVACIÓN

Fecha: _____

No. de muestra: _____

Lugar de muestreo: _____

1. Procesos:

¿Quién realiza el cambio de tóner?

Técnico de mantenimiento

Otro: _____

Trabajador de fotocopiado

¿Dónde se almacenan los tóner vacíos?

Bodega especial

Otro: _____

En centro de fotocopiado

¿Dónde se almacenan los tóner nuevos?

Bodega especial

Otro: _____

En centro de fotocopiado

¿Dónde consumen los alimentos los trabajadores?

Lugar designado afuera del local de fotocopiado

En centro de fotocopiado

Otro: _____

En cafetería

Cuando realizan cambio de tóner, ¿utilizan equipo de protección?

Si

¿Cuál? _____

No

¿Por qué no? _____

No se tiene evidencia

2. De las instalaciones del centro de fotocopiado:

Ventilación

Si _____

No _____

Tipo _____

Ubicación

Dentro edificio _____

Afuera del edificio _____

Iluminación:

Si

No

Observaciones: _____

Material de las paredes:

Madera

Otro: _____

Cemento

Tabla yeso

Material de pisos:

Torta de cemento liso

Piso cerámico

Otro: _____

Piso de granito

Alfombras

13.5 Anexo No. 5 Condición del equipo de acuerdo al método

13.5.1 El área de preparación y análisis de las muestras debe estar limpia y libre de polvo.

13.5.2 Los parámetros instrumentales son los siguientes:

Longitud de onda: 283.3 nm

Elemento: Pb

Rendija: 0.7 L

Corriente (mA): 10

Energía de la lámpara de Pb: 48-50

Lectura: área de pico

Tiempo de integración: 5 seg.

BOC: 2 seg.

Volumen de muestra: 20 μ L

Temperatura del horno: 110°C

Presión de gas: 40 psi

Replicas: 1

13.5.3 Análisis de la muestra

Una vez preparados los estándares de calibración, proceder a analizarlos.

El equipo automáticamente reporta la concentración en μ g/dL tanto para los estándares de la recta de calibración como para las muestras de sangre.

13.5.4 Curva de calibración

El análisis de regresión lineal se utiliza para explorar y cuantificar la relación entre la absorbancia y la concentración desarrollando una ecuación lineal con fines predictivos.

Así la ecuación $y = 0.0043x + 0.0042$ es la mejor recta de regresión que expresa la mínima distancia vertical que existe en la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre cada punto y la recta correspondiente a los estándares acuosos de plomo utilizados en la recta de calibración.

Al realizar la curva absorbancia vs concentración con estándares acuosos de plomo, se debe obtener un coeficiente de correlación mínimo de 0.995. (Daniel, 2002)

13.5.5 Control de calidad

Se realiza mediante la preparación de una muestra control, la cual se realiza tomando 100 μ L de una muestra al azar de las que se evaluarán, proceder de la siguiente manera:

Reactivos	Muestra control
Estándar de 8 µg%	0.1 mL
Sangre completa	0.1 mL de alguna de las muestras que se estén trabajando
Disolución modificadora de matriz	0.8 mL
Homogenizar durante 30 minuto en agitador eléctrico	
Ácido Nítrico 1.6 M	0.5 mL
Homogenizar durante 30 minuto en agitador eléctrico	
Pasar el contenido del tubo a un tubo de centrífuga eppendorf	Centrifugar 5 minutos

13.5.6 Expresión de los resultados

Calcular la concentración de las muestras, se determina por interpolación en la gráfica de la curva de calibración o utilizando la ecuación de la recta de regresión calculada.

La concentración de plomo en las muestras se reportan directamente en µg%

13.5.7 Límite de detección (LD) y Límite de Cuantificación (LC)

El LD del método validado es de 0.657 µg/dL

El LC es estrictamente la menor concentración del analito que puede ser determinada con un aceptable nivel de repetitividad y exactitud, para este método es de 1.990 µg/dL. (Marroquín, 2015)

13.5.8 Linealidad

En el método utilizado se observa linealidad hasta 100 $\mu\text{g}/\text{dL}$. (Marroquín, 2015)

13.5.9 Precisión

El valor mínimo de precisión es de 0.04% y el máximo de 4.19%. (Marroquín, 2015)



Figura No. 1y 2. Equipo de absorción atómica con horno de grafito del Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura No. 3 Horno de grafito del equipo de absorción atómica del Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

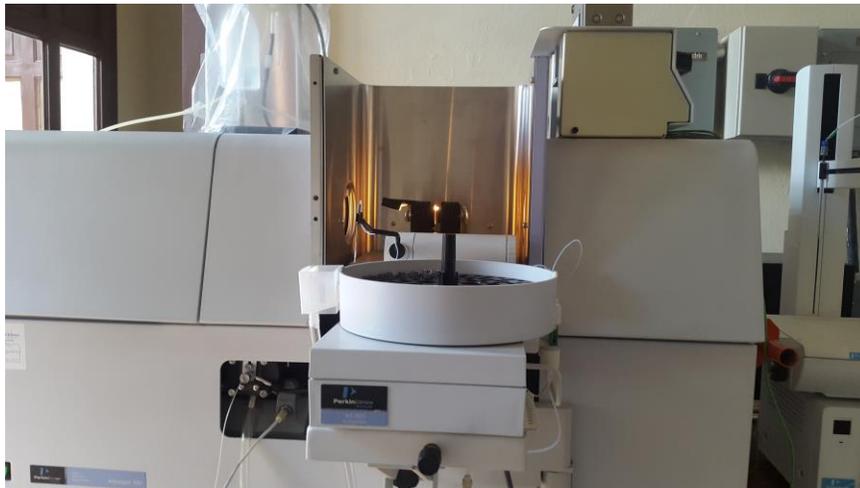


Figura No. 4 Momento en el que el haz de luz atraviesa por el horno de grafito del equipo de absorción atómica del Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura No. 5 Preparación de las muestras de sangre, toma de la cantidad de sangre para ser trasvasada



Figura No. 6 Preparación de muestra de sangre, trasvasando la cantidad de sangre a los tubos con reactivos.

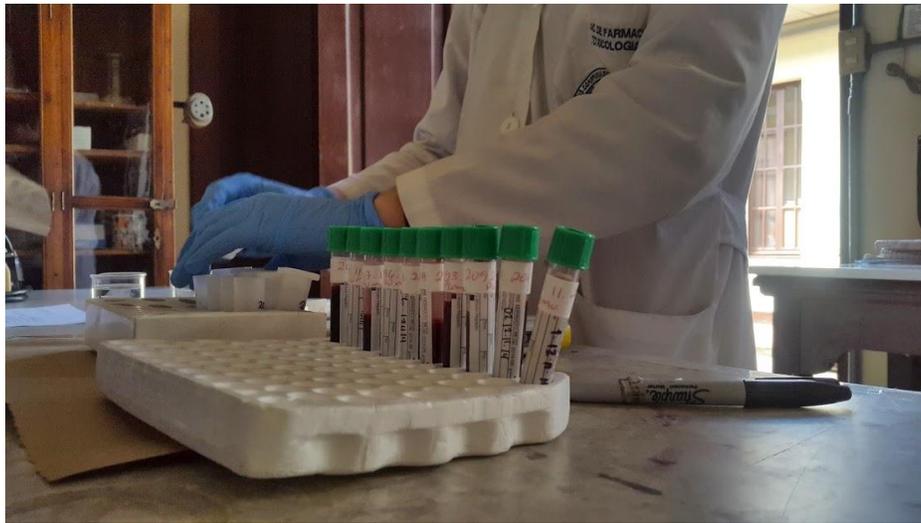


Figura No. 7 Preparación de muestras de sangre



Figura No. 8 Momento en el que se trasvasa la muestra de sangre preparada a tubos eppendorf para centrifugar



Figura No. 9 Muestras antes de colocar en copas de muestreo para su posterior lectura en el equipo de absorción atómica con horno de grafito



Figura No. 10 Trasvasando muestras preparadas a copas de muestreo

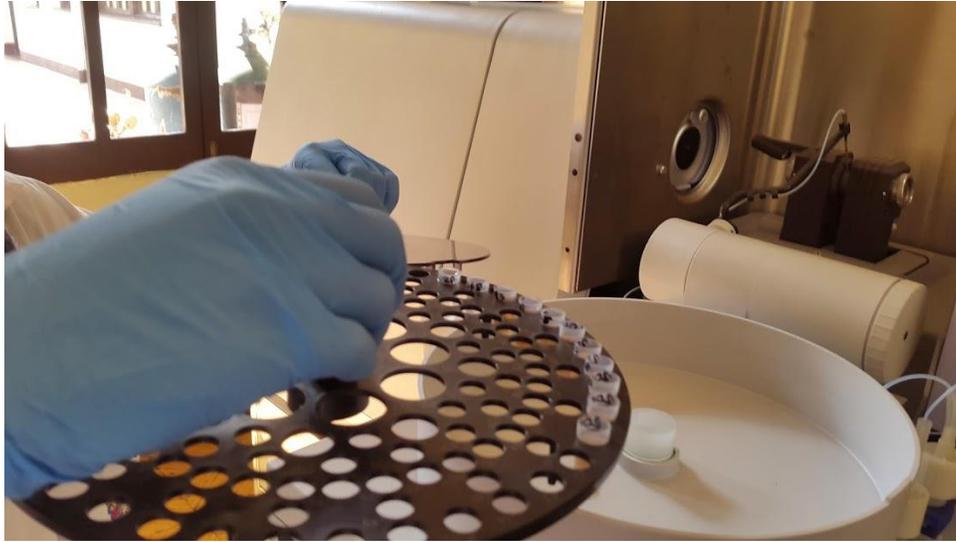


Figura 11. Colocación de las muestras para ser cuantificado el plomo por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito

13.6 Anexo No. 6 Presentación realizada a los propietarios de los centros de fotocopiado

<h2 style="background-color: orange; color: white; padding: 5px; text-align: center;">El Plomo</h2>	<p>Es un metal pesado, de color gris azulado, que se encuentra en la corteza terrestre naturalmente y es uno de los que más abunda.</p> 
<h3>Fuentes</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales principalmente la de construcción • En pigmentos y el caucho para soldaduras • Otros productos, como cerámicas y pinturas, juguetes • Distribución de gasolina • La utilización frecuente de maquinaria con cables de plomo, en general de baterías y alambres 	<ul style="list-style-type: none"> • Medicinas • Tratamiento de agua y residuos líquidos • Juguetes • Tintas 
<h3>Vías de Ingreso al Organismo</h3> 	<h3>Riesgos para la salud</h3> 
	<h3>¿Dónde lo podemos medir?</h3> 
<h3>¿Cómo lo podemos prevenir?</h3> 	<h3>¿En qué va a consistir el estudio?</h3> 

Br. Mirna Margarita Ramírez Rivera
Autora

MSc. Lcda. Carolina Guzmán Quilo
Asesora

Lcda. Mayté Donis de Recinos Ms. Tox
Revisora

MSc. Lcda. Hada Marieta Alvarado Beteta
Directora de la Escuela de Química Farmacéutica

Dr. Rubén Daríel Velásquez Miranda
Decano de la Facultad de Ciencias
Químicas y Farmacia