

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA “FRAY ROGELIO BACÓN”
Escuela de Posgrado
Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable



**“DETERMINACION DEL AREA CON MAYOR AFECTACION DE
PLOMO PARA EL PERSONAL QUE LABORA EN
MANTENIMIENTO AERONAUTICO”**

Tesis para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería Ambiental y Desarrollo
Sustentable que presenta:

Ing. Julissa, Rodríguez Pérez

DIRECTOR DE TESIS: Dr. IGNACIO DANIEL CORIA

ROSARIO, DICIEMBRE 2015

DEDICATORIA

Con todo mi amor para Aldanita y Paulito.

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi Amado, por todo lo que soy, tengo y recibo.

Al Perú, por darme la oportunidad.

Al May. Gral. FAP Wolfgang Dupeyrat, Comando del SEMAN. Por todas las facilidades prestadas.

A la Com. FAP Verónica Sumar, Jefa de Prevención de Accidentes del SEMAN. Por sus palabras y su predisposición a ayudar con la investigación.

Al Dr. Daniel Coria, por su tiempo, apoyo y conocimientos brindados incondicional y desinteresadamente.

Contenido

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
OBJETIVOS E HIPOTESIS	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
HIPÓTESIS	8
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1. INTRODUCCIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2. ESTADO DEL ARTE	12
3. MARCO TEORICO	20
3.1. TOXICOLOGIA.....	20
3.2.1. SEGUN SU EXPOSICION	23
3.3. LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL LABORAL	23
3.4. CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES LABORALES	27
3.4.1. POR SUS CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES:.....	27
3.4.2.POR SUS CARACTERISTICAS TOXICOLÓGICAS	28
3.5. VIAS DE ABSORCION.....	29
3.5.1. Absorción por vía digestiva.	29
3.5.2. Absorción por vía respiratoria.	30
3.5.3. Absorción por vía epitelial.....	30
3.5.4. Absorción por vía parenteral.....	31

3.6. METALES PESADOS Y SU TOXICIDAD	31
3.7. BIOACUMULACIÓN DE LOS METALES PESADOS	32
3.8. EL PLOMO.....	34
3.9. EFECTOS EN LA SALUD	36
3.9.1. Síntomas Gastrointestinales.....	37
3.9.2. Sistema Nervioso.	38
3.9.3. Sistema Hematológico.	38
3.9.4. Sistema Óseo.....	39
3.10. EL PLOMO EN EL PERU, ESTRICTAMENTE AIRE	40
3.11. MARCO POLITICO Y LEGAL EN EL PERU	43
2. CAPÍTULO II. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	49
2.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	49
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
2.2.1. POBLACIÓN.....	49
2.2.2. MUESTRA	49
2.3. TOMA DE MUESTRAS:.....	50
2.4. DESCRIPCION DE LOS METODOS ANALITICOS UTILIZADOS	51
2.4.1. ESPECTROMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA POR HORNO DE GRAFITO	51
2.4.2. ESPECTROMETRIA DE MASA CON FUENTE DE PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO.....	53
3. CAPITULO III : RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	60
3.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.	60
3.2. DISTRIBUCION DEL PERSONAL ESTUDIADO EN LAS AREAS DE TRABAJO	60

3.3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN TODAS LAS ÁREAS EN GENERAL.....	62
3.4. TABLAS DE RESULTADOS PARA EL AÑO 2012	62
3.5. TABLAS DE RESULTADOS PARA EL AÑO 2013	74
3.6. TABLAS DE RESULTADOS PARA EL AÑO 2014	83
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFIA ORDENADA ALFABETICAMENTE	96
GLOSARIO DE TERMINOS.....	101
INDICE DE TABLAS	104
INDICE DE GRAFICOS	106
ANEXO 1	107
ANEXO 2	108

RESUMEN

Debido al aumento de capacidades de servicio brindado por la estación reparadora del Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú SEMAN PERU, se optó por realizar exámenes de sangre al personal más expuesto a contaminación laboral por metales pesados, haciendo un total de 123 personas distribuidas en seis áreas directamente relacionadas con la producción, con el fin de investigar y prevenir el grado de contaminación por plomo al que podrían estar expuestos los técnicos y mecánicos que laboran en mantenimiento aeronáutico. Cabe resaltar que en este período de tiempo no hubo rotación del personal seleccionado. Se utilizó el método de Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS) para las muestras en sangre. Los resultados mostraron que la mayoría de las muestras se encontraron en concentraciones bajas. Para el año 2012 y 2013 las muestras del área de Galvanoplastia presentaron las concentraciones de plomo en sangre más elevadas de las seis áreas estudiadas.

PALABRAS CLAVE

Palabras Claves: Plomo, Plumbemia, Exposición Laboral, Mantenimiento Aeronáutico

ABSTRACT

Due to an increase in the number of services offered by Repair Station of Maintenance Service Air Force to Perú SEMAN PERU, it was necessary to take blood samples of those employees who were more exposed to contamination caused by heavy metals. The purpose of this was to conduct a research in order to determine the degree of lead contamination to which could be exposed the technicians and mechanics working in aircraft maintenance. The total number of people involved in this investigation was 123 and they belonged to six areas directly related to production. It is important to point out that in this period there was no turnover of the staff selected for this study. The method used to analyze the blood samples was the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). The results showed, the most samples had low concentrations, all within the legal levels every year. In 2012 and 2013 the highest lead concentration among the six areas studied was found in the electroplating area.

keywords

Lead, Lead Poisoning, Occupational Exposure , Aircraft Maintenance

OBJETIVOS E HIPOTESIS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las áreas que presentan mayor contaminación con Plomo para el personal que labora en una estación reparadora en la ciudad de Lima Perú.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los registros sobre el nivel de plomo en sangre de los trabajadores entre el año 2012 y 2014.
- Proponer mejoras para las áreas encargadas de la seguridad laboral.
- Proponer mejoras para el cumplimiento de las leyes laborales.

HIPÓTESIS

- El área con mayor contaminación de plomo según, los análisis de plumbemia en el personal que labora en las áreas directamente relacionadas con la producción del SEMAN PERU, es la relacionada a recubrimientos metálicos, es decir Galvanoplastía.
- La concentración de plomo en sangre del personal en general, estará dentro de los límites aceptables.
- Los resultados de la concentración de Plomo en los análisis de sangre aumentarán cada año.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2011 la empresa SEMAN -PERU (Servicio de Mantenimiento de Aeronaves) amplió su rama de servicios de mantenimiento al overhaul de trenes de aterrizajes de aviones Boing 737 y 767. Esta nueva planta de producción en línea requería contar con mayor capacidad de tinas de cromados y cadmiados, una muy buena oportunidad de ampliación a mercados internacionales, pero también traía consigo una proporcionalidad igual de impacto ambiental.

El SEMAN, es una estación reparadora con más de 40 años de servicio y con regulaciones nacionales y extranjeras tanto americanas, norteamericanas como europeas. Aquí se realizan trabajos de mantenimiento mayor de aeronaves militares y comerciales. Debido a las expansiones de servicios y capacidades que brinda es que surge la necesidad de saber en qué medida el personal que labora en los talleres de mantenimiento, directamente con los procesos productivos, está expuesto a contaminación por metales pesados.

Por la naturaleza de los procesos, los residuos industriales que se generan, son en su mayoría peligrosos, como es el caso de aceites gastados, cartuchos, papel filtrante, bolsas de plástico, estopas, franelas y trapos que estuvieron en contacto con materiales y sustancias peligrosas, así como los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

En algunos casos como el proceso de baños por electrodeposición, las tinas de procesos galvánicos, generan emisiones de gases ácidos o alcalinos provenientes del proceso a temperaturas variables y con calentadores eléctricos, y la emisión de vapores difíciles

de destruir o estabilizar; caso también a la generación de gases contaminados con metales pesados en procesos de áreas de pinturas.

El SEMAN cuenta con hangares para diferentes tipos de aviones militares y comerciales, así como para trabajos de motores y accesorios. Dentro de las diferentes áreas en las que se encuentra distribuido el personal que labora en las líneas de operación son: Aeronaves (mecánicos y técnicos de avión), motores, control de calidad (pruebas no destructivas), accesorios (como hélices e instrumentos), ingeniería, electrodeposición, materiales compuestos (como fibra de vidrio, de carbón y kevlar) aseguramiento de la calidad, trenes de aterrizaje para aviones Boeing B-737 y B-767.

Por tanto, lo que motiva este proyecto es plantear como finalidad la responsabilidad de las empresas en su factor más importante, el humano y estudiar en detalle todas las áreas relacionadas con la producción, con el fin de encontrar las áreas más vulnerables expuestas a contaminación laboral por metales pesados, haciendo énfasis en la contaminación con plomo, por ser la intoxicación por plomo una de las enfermedades profesionales identificada y conocida más antigua.¹ Debemos aumentar esfuerzos al trabajar sobre todo en la prevención mucho más que en la remediación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades industriales generan contaminación, en mayor o menor grado, por el simple hecho de transformar y producir un bien. En el ámbito aeronáutico los trabajos de inspección y mantenimiento deben cumplir estrictos estándares de calidad y normas de

¹TAPIA MANRIQUE, Edgar; ACARO FIDEL Ernesto. Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de Trabajadores del mercado de Ica. *Ágora Rev. Cient.* 2014 01(01): 20-25 3 [citado 2015-10-01], pp. 20-25 . Disponible en: <http://www.revistaagora.com/index.php/cieUMA/article/view/12>. Pág. 21.

seguridad exigidos por la Administración Federal de Aviación (Federal Aviation Administration (FAA)) a la par con las fechas de entrega para mantener los programas de vuelo, esto hace que algunas veces los mecánicos y técnicos tengan que trabajar durante los fines de semana y horas extras y en ocasiones con mucha presión.

Los procesos de producción generan desechos que pueden ser tóxicos para el ambiente si no son tratados debidamente y tóxicos también para el personal que labora en las diferentes áreas de producción de la estación reparadora. Por la naturaleza de los materiales utilizados y el mismo trabajo realizado, vale decir: remoción de pinturas, tanques de combustible, soldadura de fuselaje y estructuras, maquinado de piezas, área de pinturas, pruebas no destructivas, inspecciones magnéticas, baños de electrodeposición de cromo, cadmio y níquel; utilizan grasas, combustibles, desengrasantes, pinturas, compuestos químicos para baños de recubrimientos, etc.

El personal puede estar expuesto a contaminación por metales pesados como el plomo, cromo y cadmio según las actividades realizadas en las diferentes áreas de trabajo sobre todo aquellas que están relacionadas directamente a la producción de mantenimiento aeronáutico en una estación reparadora, por lo que se desea conocer las áreas con mayor contaminación por plomo en las que el personal estuvo expuesto desde el año 2012 al 2014. A fin de encontrar mejoras y soluciones mediante tratamientos preventivos.

Debido al aumento de capacidades de servicio brindado se optó por realizar exámenes de sangre al personal más expuesto a contaminación laboral en el área de Galvanoplastia, iniciándose los análisis de cromo y plomo en sangre para el año 2010 sólo a un grupo muy reducido, a partir del año 2012 se solicitó ampliar los exámenes de plomo en sangre al personal más expuesto de diferentes áreas, con el fin de investigar el grado de contaminación que podrían estar expuestos los técnicos y mecánicos que laboran en la

estación reparadora, y acotar en la prevención de enfermedades laborales que podrían sufrir el personal involucrado en mantenimiento aeronáutico. Cabe resaltar que en este período de tiempo no hubo rotación del personal seleccionado para éste estudio.

La ejecución del presente trabajo de investigación se realizó con el desarrollo de actividades en campo y gabinete complementarias, la toma de muestras de sangre del personal involucrado en el proceso, comprendió la revisión bibliográfica de antecedentes e informes y otros documentos de investigación.

2. ESTADO DEL ARTE

Existen varios métodos y técnicas de laboratorio para determinar la concentración de plomo en sangre, una de ellas es la presentada por **O. Cárdenas**² et al (2000), que muestran la utilidad de la Protoporfirina Zinc en sangre como indicador de exposición e intoxicación por plomo al encontrar una relación semilogarítmica y de posibles asociaciones estadísticamente significativas entre los valores de plomo en sangre y la exposición directa del oficio en personal que trabaja en fábrica de baterías.

El ser humano es totalmente adaptable al medio que lo circunda, y está relacionado con la evolución de las especies, mientras más pronto pueda adaptarse asegura el tiempo de permanencia en el medio. Tal como observó **G. Mejía**³ et al,(2003), evaluaron el nivel de exposición de Plomo de un grupo de doce personas que laboran en una fábrica de

²CARDENAS-BUSTAMANTE, Omayda et al. Correlation of zinc protoporphyrin with blood lead levels in car battery industry workers in Bogota, Colombia. *Salud pública Méx*[online]. 2001, vol.43, n.3 [citado 2015-09-02], pp. 203-210 . Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342001000300005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0036-3634.

³. MEJIA, Gustavo; MEDINA, Marco Tulio y PADILLA, Alex . Exposición Laboral a Plomo un Estudio de Casos y Controles en Honduras. *Rev. Med.Post. UNAH* (online). 2003, vol. 8, n. 1,2,3 (citado 2015-02-23) pp. 53-61

baterías en Tegucigalpa, y encontraron que los trabajadores desarrollaron adaptabilidad al Plomo en el tiempo de trabajo, ya que los análisis demostraron intoxicación por Plomo pero poca correlación con la sintomatología clínica, estudios hematológicos y neurofisiológicos. Los metales son totalmente no degradables, con los que se acumulan en los sistemas ambientales, de ahí es su toxicidad ya que terminan en los suelos y sedimentos; empezaron a estudiarse debido a los síntomas repetitivos que causaban en los enfermos que padecían intoxicaciones, **Augusto V. Ramirez**⁴, (2005) hace un estudio de la intoxicación ocupacional por Plomo. Detallando los cuadros neurológicos y abdominales dolorosos en el diagnóstico de la intoxicación con plomo, y que a pesar del cese a la exposición el tratamiento es sintomático, el uso de quelantes en el tratamiento, puede llevar a una excreción de xenobióticos pero sin efecto cierto en la recuperación del paciente. Por lo que la Intoxicación por plomo debe enfocarse en aspecto preventivo como ropa adecuada, equipos de protección, salud e higiene en el trabajo y el examen ocupacional que incluya monitoreo biológico. Nos ayuda en la explicación detallada que realiza **M. Valdivia**⁵ (2005) quién estudió el plomo por ser el metal que comúnmente produce intoxicación es absorbido por los pulmones y por el tracto gastrointestinal, hace explicación del mecanismo de acción y la sintomatología y termina en el estudio con el tratamiento de intervención médica para concentraciones mayores de

⁴ . RAMIREZ, Augusto. Exposición a Plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías. An. Fac. Med. [online] 2008, vol 69, n.2 (citado 2015 - 02-20), pp. 104-107. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a07v69n2.pdf>

⁵ VALDIVIA Infantas, Melinda M.; Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. [online]. 2005, vol.18, n.1 [citado 2015-02-20], pp. 22 - 27. Disponible en: http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf

10 µg/dl en niños, 25 µg/dl en adultos que no están expuestos laboralmente; para adultos expuestos explica algunos tratamientos de quelación.

Llegamos a creer que solo llegarán a contaminarse aquellos que laboran con el tóxico, en plantas de extracción, o con compuestos químicos, no debemos olvidar que fué denominada como una de las (pocas) historias ambientales exitosas la eliminación del plomo de la gasolina y en general mientras exista actividades antropogénicas estaremos expuestos a contaminantes toda la población, tal como muestra **E. Ibarra**⁶ et al, (2007) que estudiaron a la población laboral de La Habana a fin de determinar los valores de referencia de la concentración de plomo en sangre en adultos, la muestras de estudio fue de 259 (doscientos cincuenta y nueve) personas entre 17 y 60 años. Los valores encontrados no varían considerablemente entre municipios, y fueron comparables con otros estudios en ciudades de países en desarrollo y sugiere poder emplear en adelante el valor de 15 ug/dl como límite superior en adultos sin exposición al plomo⁷ teniendo en cuenta en utilizar técnicas analíticas de igual o mayor sensibilidad y precisión como la de espectrofotometría de absorción atómica.

La exposición nos hace vulnerables a los síntomas. En la edad media se encontraron episodios de cólicos y de gota debido a la contaminación de bebidas por la destilación

⁶IBARRA FERNANDEZ DE LA VEGA, Enrique José; MUGICA CNTELAR, Jorge Pedro; GONZALES CHAMORRO, Rita María; JAIME NOVAS, Arelis; GRAVALOSA CRUZ, Ana Julia; CABRERA GUERRA, Caridad; GUEVARA ANDREU, María Elena. Valores de referencia de la concentración de plomo en sangre en la población en edad laboral de la ciudad de La Habana. *Rev cuba salud trabajo: (1)ene.-jun.2007;8 (1) tab, graf* [citado 2015-01-05], pp. 3-10 . Disponible en: <http://saudepublica.bvs.br/pesquisa/resource/pt/cum-38790>. Artigo em Espanhol | CUMED | ID: cum-38790

⁷Hasta ese momento en Cuba se había estado llevando como límite superior a 31,8 ug/dl la concentración de plomo en sangre en adultos sin exposición al plomo. Según ⁷ Ibis IBARRA FERNANDEZ DE LA VEGA, Enrique José; MUGICA CNTELAR, Jorge Pedro; GONZALES CHAMORRO, Rita María; JAIME NOVAS, Arelis; GRAVALOSA CRUZ, Ana Julia; CABRERA GUERRA, Caridad; GUEVARA ANDREU, María Elena. Pag. 8

del alcohol en recipientes de plomo más solo se estudiaba aquellos casos de síntomas muy visibles pero es necesario también estudiar sus cambios hormonales y alteraciones genéticas, **S. Yucra**⁸ et al, (2008) recopilaron información de los efectos que produce la exposición al plomo y a los plaguicidas organofosforados en la función de reproducción, impactando en el varón la reducción de la libido, alteración en la espermatogénesis, daño cromosómico, función prostática normal y cambios en los niveles de testosterona. Concluyendo que el impacto negativo influye en la infertilidad masculina y femenina por la contaminación de exposición ocupacional y la no ocupacional. Recalcando el uso necesario de medidas preventivas de seguridad sanitaria.

En la actualidad se está dando más hincapié a la prevención sobre todo en plantas de producción y empresas formales que deben cumplir con leyes vigentes, pero el caso de informales atenta contra la salud de sus trabajadores y de las poblaciones aledañas. **A. Ramirez**⁹ (2008), investigó el estado de salud de trabajadores artesanales e informales de baterías usando como indicador de exposición nivel de plomo en la sangre. Hizo estudio a 41 trabajadores de cuatro fábricas informales de baterías entre agosto 1999 y enero 2000, encontrándose asociación significativa entre plomo sanguíneo elevado y los síntomas presentados de saturnismo, concluyendo que la salud de los trabajadores informales se vio afectada con saturnismo. Se hacen muchos estudios relacionados con los metales pesados Mercurio, Cadmio, Plomo y Arsénico ya que presentan el mayor

⁸YUCRA, Sandra; GASCO, Manuel; RUBIO, Julio y GONZALES, Gustavo F.. Exposición ocupacional a plomo y pesticidas organofosforados: efecto sobre la salud reproductiva masculina. *Rev. perú. med. exp. salud publica* [online]. 2008, vol.25, n.4 [citado 2015-03-02], pp. 394-402 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1726-4634.

⁹RAMIREZ, Augusto. Exposición a Plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías. *An. Fac. Med.* [online] 2008, vol 69, n.2 [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2015], pp 104-107. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a07v69n2.pdf>

peligro ambiental, debido a su extensiva utilización, distribución y toxicidad. **P. A. Poma**¹⁰(2008), estudió la intoxicación por plomo en humanos donde detalla las fuentes de contaminación, efectos, diagnósticos, y tratamientos. Recomendando que los niveles de concentración de plomo en sangre se mantenga debajo de 10 µg/dl. a pesar que los umbrales de sus efectos tóxicos varían por individuo y los niños absorben mayor proporción de plomo y con efectos más severos que en los adultos.

Generalmente los metales pesados se asocian con la contaminación del agua y de los alimentos pero la mayor parte son transportados de un lugar a otro a través del aire como gases o en absorción de partículas de materiales suspendidas debido a malas prácticas de extracción, producción y utilización. **W. Ramos**¹¹ et al (2009), detallaron las principales fuentes de exposición en el Perú, efectos y manifestaciones clínicas así como algunos estudios realizados por instituciones nacionales peruanas y extranjeras, dando alcances que en el Perú la intoxicación plúmbica crónica se presenta generalmente en poblaciones cercanas a la minería, y el estado peruano debe fortalecer el cumplimiento de leyes ambientales y hacer intervenciones de salud inopinadas a la población que radica cercana a las zonas contaminadas.

En el ámbito laboral se da bastante énfasis a las enfermedades profesionales, ya que la salud del trabajador no debe tomarse como compensación a posteriori cuando lo que se

¹⁰POMA, Pedro A. Intoxicación por plomo en humanos. An. Fac. med. [online]. 2008, vol.69, n.2 [citado 2015-02-03], pp. 120-126 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1025-5583.

¹¹RAMOS, Willy ; MUNIVE, Leopoldo; ALFARO, Milena; CALDERON, Martha; GONZALES, Isidro; NUÑES, YESENIA; Intoxicación plúmbica crónica: Una revisión de la problemática ambiental en el Perú. Rev. perú. med. epidemiología [online]. 2009 vol.13, n.2 4 [citado 2015-2-25]. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/epidemiologia/v13_n2/pdf/a02v13n2.pdf>.

compensa es una pérdida de la capacidad física o la ganancia de una enfermedad constituida y en muchas veces en fase irreversible, existen estudios de consecuencias de la presencia de metales pesados en el ámbito laboral y más aun que las leyes están siendo cada vez más restrictivas. **M. Talavera**¹² et al (2010), en su estudio cuantifica la cantidad de metales pesados presentes en el tóner usado en fotocopiadoras, y evalúa el nivel de contaminación por plomo y cromo en sangre a un grupo de trabajadores de fotocopiadoras y los compara con otro grupo que no está expuesto laboralmente, obteniendo que los resultados superan los niveles máximos de Plomo y Cromo en trabajadores de fotocopiadoras. Los tóners alteran la salud, la calidad de aire, la capa superficial del suelo y las áreas antrópicas. El autor propone medidas preventivas de seguridad con el uso de equipo de protección personal. Así también **C. Nava-Ruiz**¹³ et al (2011), en su trabajo desean establecer algunos mecanismos celulares que explique la capacidad de neurotoxicidad de los metales pesados que afectan al sistema nervioso central y periférico. Concluyendo que la muerte celular y los problema neuronales son debido al estrés oxidativo, la interferencia con el calcio y la unión a proteínas por medio de los grupos sulfhídricos.

Muchas veces relacionamos el saturnismo laboral con la minería o industrias que utilizan plomo en su proceso productivo, pero la plumbemia se puede presentar también

¹²TALAVERA NUNEZ, Maria Elena y GUILLEN ZEVALLOS, Maria Ofelia. Evaluación de metales pesados en el tóner usado en fotocopiadoras. Su relación con los trabajadores y medidas de mitigación. *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2010, vol.76, n.2 [citado 2015-02-20], pp. 179-186 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

¹³NAVA-RUIZ, Concepción; MENDEZ-ARMENTA, Marisela; Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) *Arch. Neurocienc (Mexico)*[online] 2011, vol16, n.3 [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2015], pp 140-147. Disponible en:<<http://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>>

en la vida cotidiana, como el presentado por **P. Labanda**¹⁴ et al (2012) que revisaron los síntomas del saturnismo y los efectos para la prevención de riesgos en el trabajador ya que estudiaron el caso de una profesora de pintura en vidrio y restauración de vidrieras con 65 años de edad, que acudió al centro de la Unidad Médica, diagnosticándole exposición laboral al plomo, presenta plumbemia elevada y síntomas de intoxicación por plomo; el Centro médico resuelve: Incapacidad Laboral Permanente Total derivada de enfermedad profesional para trabajos en que haya exposición a plomo y otros ototóxicos. es necesario ofrecer a los trabajadores formación e información sobre los riesgos para la salud que entraña el plomo, y el papel importante que juega la prevención.

Otro ámbito laboral en el cual el foco de toxicidad es el plomo es en un taller de baterías que detalla y estudian **M. Bilotta**¹⁵ et al (2013), evaluaron los registros de análisis de Plomo en sangre del personal que labora en un taller de baterías entre los años 2007 al 2013, describiendo las condiciones de trabajo y las prácticas de higiene y hace un estudio de la cantidad de plomo en el aire de ese establecimiento. Y concluye que las plumbemias realizadas en esos años muestran el alto grado de contaminación en el personal y sugiere mejoramiento de normas de seguridad e higiene laboral por parte del Taller.

¹⁴LABANDA URBANO, Pablo Honorio y FERNANDEZ GARCIA, Carmen. Saturnismo: a propósito de un caso. *Med. segur. trab.* [online]. 2012, vol.58, n.227 [citado 2015-10-02], pp. 168-173 . Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2012000200009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0465-546X. <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2012000200009>.

¹⁵BILOTTA, María Cristina; MERODO, Purificación y GODOY ORTIZ, Aníbal. Exposición a la Contaminación con Plomo en Taller de Ensamble de Baterías. *Cienc Trab.* [online]. 2013, vol.15, n.48 [citado 2015-01-31], pp. 158-164 . Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492013000300009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-2449. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492013000300009>.

En el Perú, se hicieron estudios de plumbemias en personal de la policía que estaban expuestos a trabajos administrativos y en las vías públicas, **G. Arosquipa**¹⁶ et al, (2013) estudiaron el contenido de plomo en sangre de la policía femenina de Lima metropolitana y sur, que trabaja en la vía pública y comparó con los resultados del personal que laboraba en oficinas, obteniendo resultados que para el 2005 el personal que laboraba en la vía pública el contenido de plomo en sangre fue doblemente mayor que el personal de oficinas, pero para el 2008 las cifras disminuyeron para el personal de vía pública y aumentaron en 11% para el personal de oficina.

Debido a la exposición constante al tóner de fotocopiadoras en el campus universitario de la universidad Nacional Mayor de San Marcos de la ciudad de Lima es que **J. Antay**¹⁷ et al (2014) realizaron encuestas y estudiaron la concentración de plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria a veinticinco personas que laboran en ésta área de fotocopiado. Las encuestas determinaron el nivel casi nulo de conocimiento sobre la exposición que estaban envueltos y la toxicidad del plomo, los resultados obtenidos fueron bajas concentraciones de plomo en sangrey se realizaron charlas informativas de prevención.

Los conocimientos de la toxicidad de plomo en sangre es que lleva a los investigadores a descartar y estudiar los casos que puedan estar más próximos a nuestros ámbitos de

¹⁶AROSQUIPA AGUILAR, Graciela y VILLEGAS SILVA, Elvito. Determinación del contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina de las unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana. Rev. Soc. Quím. Perú [online]. 2013, vol.79, n.3 [citado 2015-01-16], pp. 229-235 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000300005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

¹⁷ANTAY UTANI, José Carlos; SAIRE MARIN, Alonso. Cuantificación de plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria en trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el campus universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cibertesis de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014. citado 2015-08-10 Disponible en : <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3833>

labor y medio que circunda y los lugares más próximos son las ciudades industrializadas, que por mala distribución territorial es que terminan las industrias en el cercado o centro de la ciudad. Como en el cercado de la ciudad de Ica que **E. Tapia**¹⁸ et al (2014) investigaron la concentración de plomo en la sangre así como información sobre hallazgos clínicos y protección personal, a treinta trabajadores expuestos a plomo que laboran en la industria gráfica, automotriz y gasolineras, obteniendo en los resultados que los niveles más altos de plomo sanguíneo lo presentan los trabajadores de imprentas, seguidos de los del área automotriz y por último los expendedores de gasolina. La sintomatología que presentan son propias a la toxicidad de plomo como náuseas, mareos, irritabilidad, fatiga, debilidad y mialgias.

3.MARCO TEORICO

3.1.TOXICOLOGIA.

Tóxico.- Es cualquier elemento que ingerido, inhalado, aplicado, inyectado o absorbido, puede provocar alteraciones orgánicas o funcionales y aún la muerte debido a sus propiedades físicas o químicas. También es toda sustancia que puede ocasionar daño pero no por la naturaleza misma de la sustancia, y no se suministra con esa intención.

Etimológicamente la palabra *Toxikon* proviene del griego moderno y significa veneno de las flechas, usadas en casería. Las puntas de las flechas se envenenaban para aumentar la peligrosidad de una herida no mortal. Es toda sustancia química que introducida a un organismo vivo es capaz de producir un daño.

¹⁸TAPIA MANRIQUE, Edgar; ACARO FIDEL, Ernesto. Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de Trabajadores del cercado de Ica. *Ágora Rev. Cient.* 2014 01(01): 20-25 3 [citado 2015-10-01], pp. 20-25 . Disponible en: <http://www.revistaagora.com/index.php/cieUMA/article/view/12>

Un compuesto tóxico es aquel cuyo componente cuantitativo permite diferenciar su potencia con la capacidad de dañar un sistema biológico interfiriendo su funcionamiento normal o provocando su muerte.¹⁹

La interacción de un tóxico con un organismo comienza con la exposición, y un individuo está expuesto cuando el tóxico se encuentra en el medio inmediato de las vías de ingreso al medio interno del organismo que pueden ser a través de las vías respiratorias, de la piel y gastrointestinal, solamente habrá efecto biológico y tóxico cuando haya absorción de la sustancia. Es decir la cinética de un tóxico se inicia con los procesos que regulan su absorción y terminan con aquellos que permiten extraerlo inalterado o en forma de metabolito.

3.2. CLASIFICACION DE LAS INTOXICACIONES.

Existen varias normas de clasificación propuestas en la literatura. Son muchas las metodologías y las áreas de interés, aquí presentaremos las que se pueden adaptar a éste estudio.

3.2.1. SEGUN SU ORIGEN:

a) INTOXICACIONES SOCIALES. Se caracterizan por influenciar sobre grandes masas de población y la aceptación por parte de la sociedad va en aumento progresivo hasta considerarlos como progreso o ritos.

b) INTOXICACIONES PROFESIONALES. Son producidos por los efectos químicos ó físicos de los productos relacionados propiamente al oficio desarrollado.

¹⁹MORENO GRAU, María Dolores. *"Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana"*. (2003). Madrid: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA. Pág. 2

c) INTOXICACIONES ENDEMICAS. Podríamos atribuirla a fenómenos naturales, intoxicaciones crónicas producidas por determinados contaminantes en el medio ambiente en contacto prolongado en dosis pequeñas.

d) INTOXICACIONES POR MEDIO AMBIENTE CONTAMINADO. Es la resultante de actividades antropogénicas. Como la combustión de motores utilizando gasolinas adicionadas de plomo haciendo que la concentración de éste metal sea alta en seres que pueblan las cercanías de las grandes vías, y que van decreciendo proporcionalmente con la distancia al tráfico.

e) INTOXICACIONES ALIMENTARIAS. La presencia de elemento que son nocivos a la salud, como metales pesados en vegetales y en diferentes alimentos.

f) INTOXICACIONES GENETICAS. Ocasionadas por alteración en el metabolismo normal de sustancias producidas por cambios genéticos.

g) DOPING. Uso de sustancias perjudiciales en deportistas a fin de aumentar su rendimiento.

h) INTOXICACIONES POR INTERACCION MEDICAMENTOSA. Debido al suministro de varios fármacos en simultáneo.

i) INTOXICACIONES IATROGENICAS. Debido a la formulación de drogas con desconocimiento de las actividades perjudiciales a la salud. Como yerbateros y curanderos.

j) INTOXICACIONES HOMICIDAS. Tienen intención y premeditación de causar daño a uno o más congéneres.

k) INTOXICACIONES SUICIDAS. Intento de autoeliminación rodeado de fenómenos de angustia que debilitan al paciente.

l) INTOXICACIONES ACCIDENTALES. Son ocasionadas por imprevisión, descuido o ignorancia de las personas y no conllevan ninguna intención.

3.2.1. SEGUN SU EXPOSICION

a) AGUDA. Son exposiciones que corresponden a hechos aislados, con una duración inferior a veinticuatro horas, por lo general es una única administración o exposición.

b) SUBCRONICA. Son exposiciones repetidas ocasionalmente pero con una duración inferior a siete años.

c) CRONICA. Son exposiciones repetidas al contaminante, con una duración superior a siete años.

3.3. LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL LABORAL

Para hablar de contaminación ambiental laboral, debe existir la presencia del contaminante en el puesto de trabajo, y deben alcanzar ciertos niveles de concentración ambiental superiores a los valores determinados como límites máximos permisibles, capaces de producir efectos secundarios en el trabajador

Técnicamente deberíamos entender por enfermedad profesional la contraída a consecuencia del trabajo realizado.

Se debe tener en cuenta que las enfermedades profesionales de origen tóxico son producidas por un agente específico presente en el medio laboral del paciente y debe estar en cantidades y dosis suficientes, pero si los valores de los límites máximos permisibles están bajos, aún así se puede producir una enfermedad laboral, debido a varios factores que inciden y pueden depender del agente causal , de su ambiente de trabajo y en especial del trabajador que puede hacerlo más susceptible, como factores genéticos, hábitos, estrés, dieta, etc. La susceptibilidad personal, hace que algunos trabajadores no desarrollen ningún daño funcional, mientras que otros los desarrollan frente a contactos por muy poco tiempo. Además muchos factores ocupacionales se ven potenciados por la presencia de factores no ocupacionales como las de índole higiénicas y culturales, como es el caso del asbesto que las posibilidades de producir un cáncer pulmonar se ve aumentado con la presencia del uso de tabaco.²⁰

²⁰DARÍO CORDOBA P. "*Toxicología*" 5ta Edición. 2008. Editorial El Manual Moderno. México.

TABLA 1**OFICIOS RELACIONADOS CON EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS EN
FUNDIDORES, GALVANIZADORES Y SOLDADORES.**

Tarea / Acción	Material / Proceso	Sustancia Química
Fundición / Galvanizado	Industria de la ornamentación	Metal base: hierro, plomo, acero, níquel. Galvanizado: Bronce, Cromo
	Partes de automotores	Metal base: Aluminio Galvanizado: Cromo
	Industria ornamentación	Metal base: Hierro, acero, zinc, bronce, aluminio. Galvanizado: Cobre
	Joyería, Máquinas	Metal base: Acero, cobre, zinc, aluminio. Galvanizado: Níquel

Fuente: Darío Córdoba. Toxicología 5ta Edición . Editorial Manual Moderno.

TABLA 2**OFICIOS RELACIONADOS CON EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS EN
PERSONAL DE TRANSPORTE**

Tarea / Acción	Material / Proceso	Sustancia Química
Derrames accidentales, mantenimiento general, actividades de tanqueo, toma de muestras de control	Gasolina de Avión	Alcano y bencenos
Derrames accidentales, mantenimiento general, actividades de tanqueo, toma de muestras de control	Gasolina de Jet	Kerosene, hidrocarburos alifáticos
Actividades de llenado y actividades de reparación	Fluidos Hidráulicos	Mezclas de ésteres de fosfato, derivados del petróleo, triortocresol fosfato.
Derrames accidentales	Fluidos anticongelantes	Metanol, isopropanol, etilenglicol
Funcionamiento de motores	Motores de pistón Motores Diesel	Monóxido de carbono Humos de diesel

Fuente: Darío Córdoba. Toxicología 5ta edición . Editorial Manual Moderno 5ta Edición Año 2012

El efecto producido por el tóxico está en función de la dosis o concentración, de la forma como ingresa al cuerpo, y del tiempo de exposición. Se sabe que usualmente se requiere largos períodos de exposición al riesgo, que generalmente se mide en meses o años aunque las concentraciones de contaminantes sean pequeñas para producir un daño al organismo .

Los mecanismo que originan el desarrollo de efectos tóxicos son:

- Por acumulación del tóxico en el organismo. Se da cuando la cantidad de absorbida por el organismo es superior a la capacidad para eliminarlo. Y la concentración alcanza cierto nivel en el órgano acumulado es que se producen los efectos correspondientes.
- Por desprendimiento del tóxico del órgano de acumulación. Causando efectos a otros órganos.
- Por acumulación de los efectos producidos en anteriores exposiciones. Ocurre frecuentemente con sustancias cancerígenas ya que la exposición produce un daño en el organismo y se sigue sumando.

3.4. CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES LABORALES

3.4.1. SEGUN SUS CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES:

3.4.1.1. FISICOS. Energía

Son energía en el ambiente.

Energía mecánica. Como Ruido, vibraciones.

Energía térmica. Calor, ausencia de calor.

Energía electromagnética. Radiaciones ionizantes y no ionizantes

3.4.1.2. QUIMICOS. Materia.

Los encontramos dispersados en el ambiente de trabajo. Pueden estar en:

- ✓ Forma molecular: Gas y Vapor.
- ✓ Formando agregados moleculares. Formando sólidos: Polvo, fibra, humo.

Líquidos: niebla y bruma.

3.4.1.3. BIOLÓGICOS. Ser vivo

Son seres vivos presentes en el ambiente: Virus, bacterias, parásitos y hongos

3.4.2. POR SUS CARACTERÍSTICAS TOXICOLÓGICAS

Según los efectos que producen los contaminantes pueden dividirse en dos grupos:

3.4.2.1 EFECTOS POR PROPORCIONALIDAD.²¹ Cuando el tamaño del efecto es

proporcional a la dosis recibida. No estocásticos. Es claramente el grupo de

contaminantes mayoritario. Son:

- ✓ Asfixiantes. Impiden la oxigenación de las células. (monóxido de carbono)
- ✓ Irritantes. Irritan los ojos, conductos respiratorios y tejido pulmonar
- ✓ Corrosivos. Sustancias cuyo contacto con los tejidos produce su destrucción.
- ✓ Neumoconióticos. Contaminantes sólidos cuya acción inicial es consecuencia de su acumulación alveolar, con la consiguiente disminución en la difusión de oxígeno.
- ✓ Anestésicos y narcóticos. Acción sobre el sistema nervioso central (acetato de etilo, meti-etil-cetona, tolueno, etanol, éter etílico)
- ✓ Sensibilizantes. o Alergizantes, con la repetición de las exposiciones incrementan el tamaño del efecto (isocianatos, formaldehído, polvos de madera, aminas aromáticas)
- ✓ Tóxicos Generales. Independiente de la vía de entrada, pasan a la sangre y son distribuidos en todo el organismo con producción de efectos diversos. (plomo. arsénico, metales pesados, tolueno, metanol)

²¹SEVILLA MARCOS, José María; SEVILLA RIBAS, José. "Prevención de Riesgos Laborales." 2003. Universitat de les Illes Balears. España. Citado: 09 de Febrero del 2015. Disponible en: <http://www.uib.cat/depart/dqu/dquo/dquo2/MasterSL/ASIG/PDF.old/222CON~2.PDF>. Cap. 2. Pág. 3

3.4.2.2. EFECTOS ESTOCASTICOS O PROBABILISTICOS. Cuando el efecto no es proporcional a la dosis recibida.

- ✓ Cancerígenos, teratógenos y mutágenos. Este grupo va en aumento cada día.
(Cromo hexavalente, benceno, sulfuro de níquel, etc)

3.5. VIAS DE ABSORCION.

3.5.1. ABSORCIÓN POR VÍA DIGESTIVA.

La incorporación de éstos contaminantes suele estar asociada a malas prácticas laborales y hábitos de higiene personal.

Para el plomo. Una ingesta crónica de 2,5 mg/día requiere de aproximadamente 4 años para acumulación de una carga tóxica, pero si la ingesta sube a 3.5 mg/día sólo requiere de pocos meses para acumular de una carga tóxica. Un cigarrillo puede contener hasta de 12 ug de plomo y la absorción puede llegar a ser de 12 %.²²

A través de la vía oral la absorción de materiales líquidos y material particulado, se encuentra limitada por algunas factores:

- 1.- La absorción de plomo es mayor cuando el estómago se encuentra vacío.
- 2.- Debido a que los fosfatos se unen con el plomo formando compuestos altamente insolubles, es que se discute aún si la presencia de fosfatos en la dieta reduce o no la absorción de plomo.
- 3.- Algunos vegetales tienen la propiedad de acumular plomo, metabolizarlo y hacerlo más tóxico para el hombre o los animales que lo consuman.

²²CORDOBA P. DARÍO "*Toxicología*" 5ta Edición. 2008. Editorial El Manual Moderno. México. Pág 338-340.

3.5.2. ABSORCIÓN POR VÍA RESPIRATORIA.

Es la vía de entrada de mayor importancia de los contaminantes químicos. Está constituida por: nariz, boca, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y alveolo pulmonar.

Es sin duda la vía de entrada principal y especialmente en los casos de saturnismo laboral.

Para el plomo. Intervienen el tamaño de partículas, la composición de aire y el tipo de plomo inhalado (carbonatos, óxidos sulfatos, fosfatos).

La excreción de plomo se hace por orina en un 76 % y en heces 16%²³

Gases, vapores, aerosoles, material particulado, solventes volátiles.

3.5.3. ABSORCIÓN POR VÍA EPITELIAL.

La piel constituye una barrera de muy resistente a los contaminantes externos, en algunos casos logra romper su impermeabilidad al contacto con algunas sustancias químicas y permitir el paso hasta llegar a la corriente sanguínea. Es el caso de los disolventes orgánicos, líquidos, cremas, ungüentos, pasta, solventes, hidrocarburos en general.

La absorción de contaminantes a través de la vía dérmica está asociada, sobretodo, a las malas prácticas de trabajo y hábitos de aseo personal.

²³CORDOBA P. DARÍO "*Toxicología*" 5ta Edición. 2008. Editorial El Manual Moderno. México. Pág. 340.

3.5.4. ABSORCIÓN POR VÍA PARENTERAL.

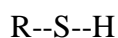
Se da a través de heridas y cuando se produce la inoculación directa. Esta vía de entrada es importante para el caso de contaminantes biológicos en la actividad sanitaria y agrícola.²⁴

3.6.METALES PESADOS Y SU TOXICIDAD

Generalmente los metales pesados no son particularmente tóxicos como elemento libres en su forma condensada. Sin embargo son peligrosos en forma catiónica y también enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono.

La toxicidad proviene de la fuerte afinidad de los cationes por el azufre, debido a que los grupos sulfhidrilo (-SH), que se encuentran en las enzimas que controlan la velocidad de las reacciones metabólicas críticas en el cuerpo humano, se enlazan a los cationes o moléculas que contienen iones metálicos que fueron ingeridos. Una vez producido el enlace resultante metal - azufre, este afecta a toda la enzima no pudiendo actuar normalmente y repercutiendo a la salud humana.

La reacción de los metales pesados con los grupos sulfhidrilo de las enzimas:



para producir un sistema estable es:



Es muy similar a la reacción con el compuesto H₂S, obteniendo un sólido insoluble de MS.

²⁴SEVILLA MARCOS, José María; SEVILLA RIBAS, José. Ibid .. Pág. 2

3.7. BIOACUMULACIÓN DE LOS METALES PESADOS

Las cantidades de metales que ingerimos a través de los alimentos es claramente mayor a las que son atribuidas al agua de consumo y los metales pesados ingeridos en el pescado generalmente provienen del agua dulce.

La cantidad en la que se acumula una sustancia en un ser vivo depende de la velocidad a la que es ingerido de la fuente y de la velocidad de eliminación que normalmente sigue una relación simple con la concentración C de la sustancia en el organismo; es una relación de primer orden ya que la velocidad es directamente proporcional a la concentración. Si asumimos que la constante de velocidad del proceso es k , entonces la velocidad de eliminación es kC

velocidad de ingestión = V

velocidad de eliminación = kC

Inicialmente en un organismo no hay sustancia presente, vale decir la $C = 0$, la velocidad inicial de eliminación será $= 0$; la concentración aumenta debido solo a su ingestión. A medida que aumenta la concentración la velocidad de eliminación también aumenta hasta coincidir con la velocidad de ingestión si V es constante. Cuando alcanza ésta igualdad la concentración C ya no variará alcanzando un estado estacionario.

Velocidad de eliminación = Velocidad de ingestión

$$kC = V$$

Si alcanzamos la concentración hasta un estado estacionario (C_{ee}) y deduciendo de la anterior ecuación podemos decir:

$$C_{ee} = V / k$$

$$C_{ee} = R/\underline{k}$$

R = Cantidad ingerida en un tiempo dado. (ej. mg/día)

Normalmente la rapidez de la eliminación lo analizamos en términos del período de vida media ($t_{1/2}$), que no es otra cosa que, el tiempo necesario que necesitamos para eliminar la mitad de la concentración de la sustancia.

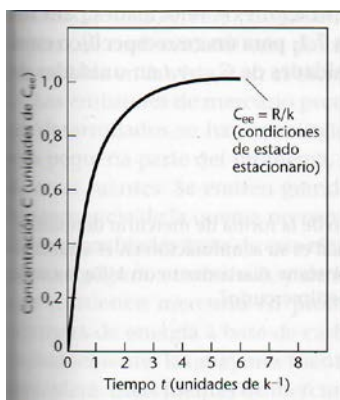
Del análisis matemático de la cinética del primer orden de una reacción se sabe que la constante $k = 0.6983 / t_{1/2}$.²⁵

Por consiguiente tenemos

$$C_{ee} = (R t_{1/2}) / 0.6983$$

$$C_{ee} = 1,44 R t_{1/2}$$

Aquí podemos observar que el tiempo de vida de una sustancia es directamente proporcional a la acumulación de la concentración en estado estacionario.



En el caso que consideremos que la vida media del Plomo en el cuerpo es alrededor de cuatro días, y si se ingiere 1 miligramo de plomo al día, su acumulación en el estado estacionario podría aumentar a 6 miligramos:

²⁵COLIN Bird. "Química Ambiental". 2004. Editorial Reverté. España. Pág 395.

$$C_{ee} = 1,44 \times 1 \text{ mg/día} \times 4 \text{ días} = 6 \text{ mg}$$

Bioacumulación de Plomo.- Una vez absorbido el plomo, circula en el organismo unido a los glóbulos rojos, formando fosfatos coloidales de plomo con los fosfatos del plasma, constituyendo el plomo circulante y tóxico. Se deposita en riñones, hígado y piel, glándulas, sistema nervioso y en los huesos, de allí puede volver a ser movilizado cuando existe acidificación del pH sanguíneo. El hígado tiene gran capacidad de captación del metal, en treinta minutos después de la administración de una dosis única de plomo, la concentración hepática es cincuenta veces mayor que en el plasma. En el hueso se deposita cerca del 90 %

3.8. EL PLOMO

Código CIE-10: T56.0

IARC : (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) y la Organización Mundial de Salud (World Health Organization) han listado al plomo y sus compuestos inorgánicos en el grupo **2A**, probables carcinógenos humanos, en el volumen Sup7, 87, a partir del año 2006.²⁶

Es un metal maleable que permite trabajarlo fácilmente debido a su bajo punto de fusión 327°C. De color gris azulado y presenta una superficie brillante al corte reciente. Su punto de ebullición es 1620°C, pero a 600°C presenta abundantes vapores y en contacto con el medio ambiente forma óxidos de plomo, también lo hace en contacto con el agua y es ligeramente soluble. Los compuestos solubles de Pb son tóxicos, impide el paso de

²⁶WORLD HEALTH ORGANIZATION. International agency for research on cancer , Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. [citado 2015-09-10], Disponible en: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php

los rayos X, es decir es radio opaco. En la naturaleza se encuentra como galena (PbS), grusita (PbCO₃), y anglesita (Pb SO₄).

USOS

Forma la soldadura al combinarlo con el estaño, que es ampliamente utilizada en electrónica, y envases enlatados.

El Plomo en estado natural no presenta ningún problema ambiental. El plomo iónico Pb⁺² lo encontramos en la galena PbS que es un mineral muy insoluble del cual se extrae casi todo el metal de Plomo.

Algunas rastras de plomo que se utilizó en la soldadura de envases enlatados en el pasado podía disolverse en el ácido diluido de los zumos de fruta y otros alimentos en presencia de aire cuando el envase se había abierto debido a que el plomo se oxida en ambientes ácidos.



Debido a esta reacción el ión Plomo contamina el contenido del envase.

En el antiguo Egipto para vitrificar la cerámica se utilizaba óxido de plomo PbO que es un sólido amarillo que en el vitrificado se funde formando una fina película en la superficie de la cerámica haciendo a la cerámica impermeable y brillante. Pero si es aplicado incorrectamente puede llegar a disolverse al entrar en contacto con alimentos y líquidos ácidos que se encuentren almacenado en envases de cerámica

Durante milenios algunas sales de plomo se han utilizado como pigmentos de colores estables y brillantes como el Cromato de plomo (PbCrO₄) que dá un pigmento amarillo que se utiliza en autobuses, autos, señalización en carreteras etc. El Pb₃O₄ llamado también "Plomo Rojo" se utiliza en pinturas resistentes a la corrosión; éstos pigmentos

se han utilizado en envoltorios satinados de alimentos, en revistas y en juguetes. El compuesto de sales de plomo $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$ Llamado "Plomo Blanco" se utilizó en la fabricación de pintura blanca para interiores y al desprenderse, los niños podían ingerir debido al sabor dulce del Pb^{+2} .

El óxido de plomo PbO_2 y el plomo elemental son empleados como electrodos en los acumuladores de baterías de los vehículos.

El Tetrametilplomo $Pb(CH_3)_4$ así como el tetraetilplomo $Pb(C_2H_5)_4$. fueron compuestos usados como aditivos en la gasolina, y era necesario eliminar los átomos de plomo liberados por la combustión a fin de impedir que se formen depósitos metálicos dañando el motor del vehículo

3.9. EFECTOS EN LA SALUD

Las fuentes de contaminación laboral por plomo se dan en la minería, fundición e industrias; entre las fuentes no ocupacionales están las ambientales aire agua suelo, los productos alimenticios, humo de cigarrillo, combustión de gasolina con plomo y la fundición primaria de plomo.²⁷

Se absorbe por vía respiratoria, digestiva y de piel. Aumenta la capacidad de absorción de plomo en el cuerpo humano cuando en la ingesta normal, el aporte de calcio, hierro, zinc y proteínas es inadecuado.

El calcio de la dieta inhibe el transporte activo del plomo intestinal.

²⁷GONZÁLEZ, Julia et al. Exposición ocupacional a plomo y cadmio en personal de salud. **Revista Chilena de Salud Pública**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. p. 139-145, ene. 2006. ISSN 0719-5281. Disponible en: <<http://www.revistasaludpublica.uchile.cl/index.php/RCSP/article/view/2074/1919>>. Fecha de acceso: 05 jun. 2015 doi:10.5354/0719-5281.2006.2074. Pág 140, 141.

Existe una relación inversa entre los niveles de plomo en sangre y los niveles de vitamina D. En el sistema endocrino la vitamina D es responsable en gran parte del mantenimiento de la homeóstasis de calcio intra y extracelular.

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo y por las enzimas dependientes de zinc, el mecanismo de acción interfiere con el metabolismo del calcio, ésta alteración trae como consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular explicando la hipertensión y la neurotoxicidad.²⁸

El riesgo a la contaminación con plomo está asociada a una deficiente condición sanitaria de la vivienda y malos hábitos higiénicos en la alimentación. Así como en las malas condiciones de seguridad e higiene ocupacional.

El plomo produce lesiones en órganos y sistemas como el sistema nervioso central, sistema nervioso periférico, sistema renal, hematopoyético y gastrointestinal. Los pacientes jóvenes son los más lesionados y presentan mayor incidencia de muerte.

3.9.1.SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES.

Se encuentra enrojecimiento en mucosas y a veces ulceraciones si las sustancias ingeridas son muy concentradas. Presentan signos de irritación gastrointestinal como náuseas, vómito y diarrea en intoxicaciones agudas, pero en pacientes con saturnismo crónico lo que predomina es el cuadro de estreñimiento acompañado de dolor abdominal por espasmo intestinal debido al aumento de coproporfirinas.

²⁸ VALDIVIA Infantas, Melinda M.; Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. [online]. 2005, vol.18, n.1 [citado 2015-02-20], pp. 22 - 27. Disponible en:http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf. Pág. 24

Los pacientes crónicos pueden presentar pigmentación de color gris en las encías; y con frecuencia experimentan "sabor dulzón o metálico" ocasionado por el paso del metal a través de las glándulas salivares.

3.9.2. SISTEMA NERVIOSO.

En niños produce encefalopatía con hipertensión endocraneana ocasionando muchas veces la muerte.

Produce irritación, convulsiones, insomnio y neuritis óptica

En pacientes con intoxicaciones crónicas pueden presentar impotencia sexual y frigidez, y en mujeres amenorreas y abortos.

Los compuestos de tetraetil plomo ya que son liposolubles pueden ingresar por la piel.

Los efectos que causan atacan al sistema nervioso pueden ser de leves a severos, produciendo vértigo, temblor de extremidades, irritabilidad, cambios de conducta, sueños terroríficos, somnolencia, insomnio, parálisis de pares craneales, alucinaciones, delirios, convulsiones, coma y la muerte.

3.9.3. SISTEMA HEMATOLÓGICO.

El plomo interfiere con la síntesis del sistema hematológico ya que se une al grupo de sulfhidrilos de las enzimas, dando como resultado el aumento de las protoporfirinas, como la zinc protoporfirina (ZPP) y anemia.²⁹

Hay reducción del recuento globular y disminución de la formación de hemoglobina. Presentan una intensa palidez. Cabe señalar que la anemia no es una manifestación

²⁹VALDIVIA Infantas, Melinda M.; **Idem**

inicial de intoxicación por plomo, sino solo se manifiesta cuando los niveles de plomo en sangre permanecen altos durante prolongados espacios de tiempo.

3.9.4.SISTEMA ÓSEO.

El trifosfato plúmbico es cambiado por el trifosfato cálcico normal en los huesos, y por una de las características del plomo de ser radioopaco permite apreciar en imagen radiológica el aumento de la densidad en la metafisis (parte intermedia del hueso que tiene el "cartílago de crecimiento" en jóvenes, gracias a éste el hueso puede aumentar de longitud) de los huesos largos. Es un signo muy evidente en caso de personas intoxicadas jóvenes en crecimiento, poco útil en caso de adultos.

La mayoría del plomo presente en el organismo humano está inicialmente en la sangre, cuando alcanza la saturación el exceso se va a los tejidos blandos incluyendo órganos como el riñón, pulmones y el cerebro. Por último se deposita en los huesos reemplazando al calcio.

Los fetos y niños menores de siete años son el grupo más sensible a la contaminación con Pb^{+2} debido a que absorben mayor porcentaje de plomo en la dieta y que su cerebro se encuentra en crecimiento. El riesgo principal es su interferencia con el desarrollo normal de su cerebro. El metal atraviesa fácilmente la placenta y pasa de la madre al niño que aún no ha nacido. Después del nacimiento la madre transfiere plomo a través de su leche materna.³⁰

³⁰ DOE RUN COMPANYY. Estudio de Niveles de Plomo en la Sangre de la población en La Oroya 2000 - 2001. Pág. 16.

TABLA N° 3

CLÍNICA DE LA INTOXICACIÓN POR PLOMO.

SISTEMA	TOXICIDAD
Sistema Nervioso Central	Fatiga. Malestar. Irritabilidad. Animo deprimido. Disminución de la libido. Alteración de la función neuropsicológica. Cefalea. Encefalopatía (delirio, ataxia, convulsión, estupor, coma)
Sistema Periférico	Debilidad motora.
Gastrointestinal	Anorexia. Náusea. Constipación. Pérdida de peso. Dolor abdominal. Ribete de Burton.
Sangre	Anemia
Renal	Insuficiencia renal crónica. Nefritis intersticial. Proteinuria leve.
Reumatológico	Mialgias. Artralgias. Gota.
Cardiovascular	Hipertensión.
Reproductivo	Oligospermia.

Fuente: VALDIVIA Infantas, Melinda M.; Ibis. Pág 25

3.10. EL PLOMO EN EL PERU, ESTRICTAMENTE AIRE .

Las principales fuentes de exposición al plomo, se encuentran en Lima Norte, Callao, La Oroya, Cerro de Pasco, Cajamarca, Ancash. vinculadas a actividades mineras, metalúrgicas, pinturas, baterías, etc., actividades que se realizan en situaciones ya sean formal o informal, exponiendo a trabajadores y poblaciones aledañas.³¹

³¹Guía de Práctica Clínica Para el Manejo de Pacientes con Intoxicación por Plomo. RM 511-2007/MINSA. 15 de Junio del 2007. Ministerio de Salud. Perú. Pág. 2

Como el caso de la ciudad de La Oroya, en Junín, que ha sido catalogada como una de las ciudades más contaminantes del mundo, debido a la actividad minera fundición de metales pertenecientes a la Empresa Doe Run desde el año 1922 y que ha traído como consecuencias casos de plumbemias elevadas en niños y mujeres gestantes.

En Ancash, la contaminación ambiental producida por el polvo de plomo se da a través de los gases y partículas producidas por el parque automotor al hacer uso de combustible de bajo octanaje. Así también como los relaves que llegan a los cuerpos de agua de la minería informal.

Cajamarca es un departamento con grandes yacimiento mineros auríferos y polimetálicos, considerando los relaves y pasivos ambientales toda la población está expuesta al riesgo de contaminación por metales pesados.

En Arequipa la mayor contaminación es por el uso de gasolina del parque automotor y el reciclaje informal de baterías; también se consideran las industrias metal - mecánica, hornos de fundición.

En Pasco se da por la explotación minera y el incremento del parque automotor.

En Lima Centro y Norte la contaminación se da por las fábricas de reciclaje de baterías para la obtención de lingotes de plomo. En el Callao el problema está dado por la presencia de empresas de concentrado de plomo y otros metales y el inadecuado transporte del mineral hacía el puerto dejando pasivos ambientales de plomo en el suelo.³² Una hipótesis de la contaminación por plomo en Lima y Callao es que las

³²Plan Nacional de Participación Social y Compromiso Multisectorial para Fortalecer la gestión Ambiental y Reducir la Morbi-Mortalidad relacionada a la Contaminación por Plomo y Otros Metales Pesados. Perú 2005-2014. Ministerio de Salud. Pág. 10, 11 y 12.

corrientes de viento que van de sur a noreste podrían estar llevando partículas contaminantes hacia las zonas urbano-marginales del norte de la ciudad.

El Estado Peruano viene desarrollando un programa a Limpiar el Aire como parte de la Gestión de la Calidad del Aire, que se encarga de monitorear a trece ciudades como son: Arequipa, Chiclayo, Chimbote, Cusco, Huancayo, Ilo, Iquitos, La Oroya, Lima - Callao, Pisco, Piura, Trujillo y Pasco. Obteniendo como resultado para las ciudades de Chiclayo, Trujillo, Huancayo, Piura, Iquitos la concentración promedio mensual y anual de plomo en el aire se encuentra por debajo del Estándar Nacional de la Calidad Ambiental del Aire de $1,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ y del valor guía de la Organización Mundial de la Salud de $0,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual.³³

Actualmente según la guía práctica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo, en el Perú se sigue llevando como parámetros de intoxicación los siguientes niveles de plomo en sangre que no deberán exceder:

Más de $10\mu\text{g}/\text{dl}$ para niños y gestantes.

Más de $20\mu\text{g}/\text{dl}$ para adultos no expuestos ocupacionalmente.

Más de $40\mu\text{g}/\text{dl}$ para adultos varones expuestos ocupacionalmente.

Más de $30\mu\text{g}/\text{dl}$ para mujeres en edad fértil expuestas ocupacionalmente.

³³CERVANTES GALVES, César . Estudio de Avance de los Sectores en la Gestión de la Calidad del Aire, Compromisos y Propuestas de Acciones. 14 de Agosto del 2009. Ministerio del Ambiente. Lima (Perú). Pág. 45-50.

A pesar que en el 2012 el Center for Disease Control and Prevention determinó como nuevo nivel de toxicidad para niños 5 µg/dl.³⁴

3.11. MARCO POLITICO Y LEGAL EN EL PERU

Si bien la Constitución Política del Perú de 1979 señalaba como una particular tarea del Estado la de dictar medidas de higiene y seguridad en el trabajo que permitan prever los riesgos profesionales y asegurar la salud y la integridad física y mental de los trabajadores.

Pero en 1993 tras firmar la actual Constitución Política del Perú, han omitido hacer referencia de tal responsabilidad al estado. Sin embargo en el Art 7 explícitamente dice "Todos tienen derecho a la protección de su salud y de su comunidad así como el deber de contribuir a su promoción y defensa."

Así también en el Art. 9 de la Constitución establece la responsabilidad del Estado para determinar la política nacional de salud, normando y supervisando su aplicación, diseñándola y conduciéndola en forma plural para facilitar el acceso a los servicio de salud. En el Art 10. El estado reconoce el derecho a la Seguridad Social.

En el Art. 23, la Constitución establece que el trabajo es objeto de atención prioritaria por el Estado y que ninguna relación laboral puede limitar el ejercicio de los derechos constitucionales, ni desconocer o rebajar la dignidad del trabajador. Como el derecho a la salud es un derecho de categoría constitucional; no está permitido, legalmente, que el desempeño del trabajo genere un perjuicio o un riesgo a la salud del trabajador.

³⁴ Center for Disease Control and Prevention. Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention Report of the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. Enero del 2012. Pág. 3

La política general en materia de salud ocupacional ha venido, entonces, a cambiar de énfasis al pasar de un estado encargado de la salud de los trabajadores tal como estaba detallado en la Constitución de 1979, a la de ser guardián y supervisor, de que las relaciones de trabajo existentes no infrinjan el derecho a la salud de los trabajadores, dando énfasis más aún en el resultado que en los medios. En efecto, se produce un cambio sobre la valoración del papel del Estado. De un rol central y de garantía para el cumplimiento del derecho, se pasa a la concepción del Estado como supervisor y coordinador de las diversas iniciativas presentes en la sociedad.

- El 11.06.93 se publica el D.S. N°039-93-PCM. El Reglamento de Prevención y Control del Cáncer Profesional y su modificatoria Del 23.07.93. D.S. N°007-93-TR
- El 17.05.97 es promulgada la Ley 26790. Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud. En la que presenta los regímenes de las entidades de salud públicas, privadas y mixtas. (Que sustituyó a la ley 18846 por un seguro complementario de trabajo de riesgo). En el Art 17. Especifica que la Cobertura de los Trabajadores en el Seguro social debe incluir la atención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- El 20.07.97. Es promulgada La Ley General de Salud N° 26842, en el capítulo VII “De la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo”, en el artículo 100, estipula, que "quienes conduzcan o administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes y servicios, cualesquiera que éstos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo", quedando claramente remarcado que la protección de la

salud y seguridad de los trabajadores es responsabilidad del titular de la actividad económica.

Por mandato expreso en el Art 101. Corresponde a la Autoridad de Salud la regulación y control de las condiciones de higiene y seguridad de las instalaciones, máquinas y cualquier otro elemento relacionado con el desempeño de actividades económicas.

Asimismo, el Art. 102 de la presente ley, es específica al buscar eliminar discriminaciones en razón del rango de los trabajadores, su edad o sexo, señala que las condiciones sanitarias de todo centro de trabajo deben ser uniformes y acordes con la naturaleza de la actividad que se realiza.

- El 08.09.97 con D. S. 009-97- S.A. Se aprueba el Reglamento de la Ley 26790. Que amplía el servicio de salud, mediante Entidades Prestadoras de Salud.
- El 13.04.98 con Decreto Supremo N°003/98- S.A. Aprueban: Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.
- El 16.03.2001. con Decreto Legislativo N° 910. Se aprueba la Ley General de Inspección de Trabajo y Defensa del Trabajador.
- El 29.04.2002. Ley del Ministerio de Trabajo N.° 27711
- El 28.06.2002 con R.M. N° 173-2002-TR. Se aprueban las Funciones del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo - Reglamento de Organización y Funciones.(ROF)
- El 28.01.2002. Se promulga la Ley 27657. Ley del Ministerio de Salud. Dando las competencias y organización del ministerio de salud. Que parte de las competencias es el análisis, formación y evaluación de las políticas públicas de salud detallada en el Art. 3, inciso c). Dando también la articulación de recursos públicos y privados, intra

e intersectorial para el cumplimiento de dichas políticas públicas según el inciso d). La alta Dirección se reunió para presentar: 1) Listado de Enfermedades Profesionales, 2) Protocolos de Diagnóstico y Evaluación Médica para Enfermedades Profesionales (En concordancia con el Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo DS N° 003-98-SA), y 3) Manual de Evaluación y Calificación del Grado de Invalidez Laboral, para su aprobación de acuerdo a Ley.

- Según el Acuerdo Nacional (Julio 2002): La Décimo tercera Política de Estado. Acceso Universal a los Servicios de Salud y a la Seguridad Social. En el inciso *k*). con este objetivo el Estado “Desarrollará Políticas de Salud Ocupacional, extendiendo los mismas a la seguridad social...”
- El 04.07.2005 mediante D.S. N°015-05-SA, se promulga las Normas Técnicas que establecen Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. Se establecen para proteger la salud de los trabajadores mediante evaluación cuantitativa controlando los riesgos a la exposición a los agentes químicos en los puestos de trabajo. Para el caso del Plomo inorgánico y sus derivados como Pb la norma propone a 0.05 mg/m³ WMA (Concentración media ponderada en el tiempo).
- Manual de Salud Ocupacional. Mediante Resolución Ministerial N° 510-2005/MINSA
- 15.06.2007 Se aprueba mediante Resolución Ministerial la Guía Técnica. "Guía de Práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo". Obedece a que en el 2005 se elabora el Plan Nacional de participación social para fortalecer la gestión ambiental y reducir la morbi-mortalidad relacionada a la contaminación por plomo y otros metales pesados.
- El 19.07.2006 Se aprueba la Ley N° 28806. Ley General de inspección del trabajo.

- El 29.10.2006 mediante Decreto Supremo N° 019-2006-TR se aprueba el Reglamento de la Ley N° 28806.
- El 15.06.2007 mediante Resolución Ministerial 511-2007/MINSA. Aprobar la Guía práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por Plomo.
- El 14.07.2008 mediante Resolución Ministerial N° 480-2008/MINSA. Aprueban NTS N° 068_MINSA/DGSP-V.1. Norma Técnica de Salud que establece el listado de las enfermedades profesionales. El listado está dividido en 6 grupos.
- El 09.04.2009 publican la Ley N° 29344. Ley Marco de Aseguramiento Universal en Salud. Busca que todas las personas accedan a prestaciones de salud, preventivas, promocionales, recuperativas y de rehabilitación. Crea la Superintendencia Nacional de Aseguramiento en salud en reemplazo de la Superintendencia de Entidades Prestadoras de Salud. Establece los planes de aseguramiento en salud. Financiamiento y articulación de las instituciones que brindan servicios de salud.
- El 22.05.2009 aprueban la política nacional del ambiente. Señala lineamientos de política con respecto a la gestión de calidad del aire. Medidas para prevenir los efectos de los contaminantes del aire sobre las personas, implementar sistemas de alerta y prevención por contaminación del aire, identificar prácticas inadecuadas que afectan la calidad del aire.
- El 02.04.2010 mediante Decreto Supremo N° 08-2010/S.A. Aprueban el Reglamento de la Ley N° 29344. Aborda los temas de afiliados, aportes. Se incluyen acciones de reinserción laboral cuando la labor no esté obligada al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.
- El 02.02.2011 mediante Resolución Ministerial N° 069-2010/MINSA. Publican la Aprobación del documento técnico “Evaluación y calificación de la invalidez por

accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. La norma establece los aspectos técnicos que deben tomarse en cuenta para la evaluación y la calificación de la invalidez de un trabajador, a causa de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

- El 04.04.2011 mediante Resolución Ministerial N°258-2011/MINSA. Se registra y publica el Documento Técnico Política Nacional de Salud Ambiental del 2011-2020.
- El 25.04.2011 mediante Resolución Ministerial N°312-2011/MINSA. Se firman los Protocolo de exámenes médico ocupacionales y guías de diagnósticos de los exámenes médicos obligatorios por actividad.
- El 24.04.2012 mediante Decreto Supremo 005-2012-TR. Se aprueba el Reglamento de la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el trabajo. Tiene como objetivo promover la prevención de riesgos laborales, a través de la prevención de los empleadores, participando los trabajadores y su sindicatos, el Estado fiscalizará y controlará el cumplimiento.
- El 08.07.2014 se publica la Ley N° 30222 que modifica a la Ley N° 29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Los exámenes médicos serán cada dos años salvo que se trate de actividades de alto riesgo, en cuyo caso los exámenes se realizarán al ingreso, durante y al término de la relación laboral.
- El 03.01.2014 mediante Resolución Ministerial N° 004-2014/MINSA. Se publica la modificatoria de exámenes médicos ocupacionales y guías de diagnósticos de los exámenes médicos obligatorios por actividad.

2. CAPÍTULO II. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo aplicada y el diseño analítico observacional. Se realizó un estudio de cohorte histórico de los análisis de muestras en sangre del personal entre los años 2012 al 2014.

Unidad de Análisis: empleado con más de 5 (cinco) años de antigüedad en el puesto

Variable: Concentración de plomo en sangre.

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. POBLACIÓN

La población estudiada pertenece al universo de trabajadores asignados por la institución para desempeñar labores de producción de 6 áreas diferentes relacionadas al mantenimiento de aeronaves, éste personal lleva más de 5 años laborando en el mismo puesto de trabajo y está directamente en contacto con agentes contaminantes, distribuidos de la siguiente manera: 10 personas del área de Control de Calidad, 68 del área de Aeronaves, 11 del área de Ingeniería, 13 de Equipos de Apoyo Terrestre (EAT), 12 del área de Galvanoplastia y 9 pertenecientes a otras áreas como logística, servicios generales, seguridad y accesorios. Haciendo un total de 123 personas.

2.2.2. MUESTRA

La muestra fue 100 x 100. Se tomó al total de la población, personal de las 6 áreas de estudio.

2.3. TOMA DE MUESTRAS:

La toma de las muestras de sangre para la determinación de la concentración de plomo fue de 5 ml de sangre venosa,³⁵ se realizó cada año durante un mes a fin de que el personal pueda acercarse a las instalaciones del laboratorio clínico ROE (en septiembre del 2012 y 2013 y en junio del 2014). Con una jeringa descartable se tomó la muestra de sangre en un tubo vacutainer con un anticoagulante heparina. La técnica indica que puede ser en cualquier momento, pero siempre alejada de la exposición al plomo.³⁶

El procesamiento de las mismas se efectuó en el Laboratorio clínico ROE en Lima - Perú. Se utilizaron dos métodos diferentes, en el primer año se utilizó el método de espectrometría de absorción atómica en $\mu\text{g/dl}$ (AAS, por Atomic absorption spectroscopy). En tanto los años restantes se utilizó el método de Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

El rango referencial que utiliza la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) es de un Índice de Exposición Biológica (BEI) menor de 30 $\mu\text{g/dl}$, para personas que están expuestos constantemente al contaminante debido a funciones laborales.³⁷

³⁵ PARSONS, J. Patrick; CHISOLM, J. Julián. The Lead Laboratory. Centers for Disease Control and Prevention. 1997. Disponible en : <http://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/1997/pdf/c1.pdf>

³⁶ ALBIANO, Nelson F. ; "Toxicología Laboral. Criterios para el monitoreo de la salud de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas". Superintendencia de Riesgos del trabajo. SRT - Argentina 199?. . Pag. 68 - 69.

³⁷ Detalle del rango en el informe emitido por el mismo laboratorio clínico ROE. ANEXO 2 del presente trabajo, que muestra el reporte de un muestra analizada.

2.4. DESCRIPCION DE LOS METODOS ANALITICOS UTILIZADOS

2.4.1. ESPECTROMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA POR HORNO DE GRAFITO

La espectrometría de absorción atómica está basada en la medición de la luz absorbida por los átomos libres a la longitud de onda de la línea de resonancia de un elemento que se desea estudiar. La cantidad de luz absorbida se correlaciona linealmente con la concentración del analito en la muestra. Para realizar una determinación mediante espectrometría de absorción atómica, la muestra que contiene plomo se debe primero procesar para generar átomos en estado fundamental en forma de vapor en la trayectoria del haz luminoso del instrumento. Este proceso, llamado atomización, se realiza en una fuente electrotrémica, de un horno de grafito.

El esquema general de un espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) es el siguiente: una fuente de luz monocromática, representada por un tubo catódico al vacío de grafito que se calienta mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000 °C, la totalidad de la muestra se atomiza en un volumen pequeño con alta densidad de átomos es por eso que la AAS es altamente sensible llegando encontrar concentraciones de hasta 1-2 µg/dl posteriormente emite luz en una sola línea de resonancia; un dispositivo monocromador y un fotomultiplicador. El monocromador es una red de difracción. Los dispositivos de SAA están equipados con un cargador de muestras automático, que permite procesar un gran número de muestras y obtener mayor exactitud. Con estos equipos se ha logrado realizar determinaciones de oligoelementos

como: Mg, Ca, Cu, Zn, Pb, Li, expresadas en partes por billón, gracias a la elevada sensibilidad y especificidad que les son inherentes.³⁸

GRAFICO N° 01 ESPECTRÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA



VENTAJAS

- Se pueden analizar muestras pequeñas entre 10 a 50 μl .
- Es bastante seguro y puede funcionar sin supervisión ya que utiliza gases inertes.
- Es un método bastante sensible, puesto que el límite de detección se encuentra entre 1-2 $\mu\text{g/dl}$ de concentración de plomo. Es también fiable y preciso.
- Algunos SAA por horno de grafito ya vienen configurados para la determinación de plomo en la sangre.
- SAA por horno de grafito se puede usar para el análisis secuencial limitado de múltiples elementos (por ejemplo, plomo y cadmio), en una sola muestra.

³⁸SUARDÍAZ, Jorgue; CRUZ, Celso; COLINA, Ariel; Laboratorio Clínico. Editorial Ciencias Médicas. La Habana. 2004. Pág. 44

DESVENTAJAS

- Este método requiere para su correcto funcionamiento que el personal de laboratorio sea más capacitado que al utilizar espectrometría de absorción atómica por llama, debido a su compleja configuración y preparación de muestras.
- La prueba requiere más tiempo que en la espectrometría de absorción atómica por llama.

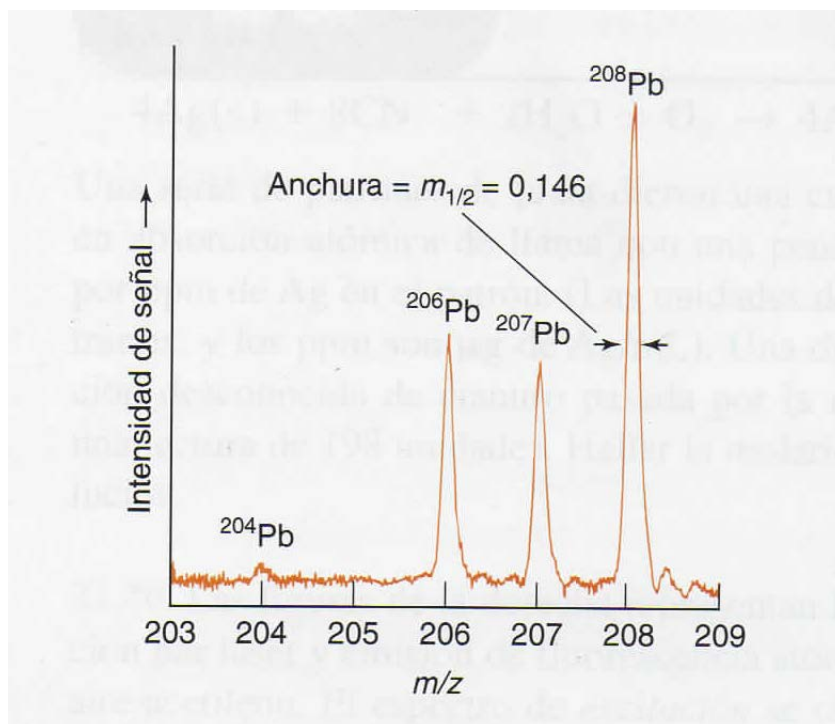
2.4.2.ESPECTROMETRIA DE MASA CON FUENTE DE PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO

La espectrometría de masas estudia la masa de átomo, moléculas o fragmentos de moléculas, a través del espectro de las moléculas en estado gaseoso que se ionizan, y éstos iones se aceleran en un campo eléctrico y posteriormente se separan, según la relación (m/z) masa/carga. Si todos tienen la misma carga, entonces separa los iones según su masa. Que se logra observar mejor en la impresión de una figura del espectro de masas que muestra isótopos naturales de plomo. La variabilidad de la abundancia isotópicas naturales del Pb es la causa de la incertidumbre en su masa atómica ($207,2 \pm 1$).³⁹

³⁹HARRIS, Daniel C. Análisis Químico Cuantitativo. 6ta Edición. Editorial Reverté S.A. Barcelona España. 2007. Capítulo 22. Pág 518.

GRAFICO N° 02 :

ESPECTRO DE MASAS DE PLOMO.



La espectrometría de masas puede ser atómica y molecular. Atómica analiza a los elementos químicos con que la muestra está conformada. Y la molecular analiza cuantitativamente las moléculas que la conforman.

Los componentes (Gráfico N° 03) de un espectrómetro de masas son: ⁴⁰

a) Fuentes de iones. Lo primero que debe hacerse con la muestra es romperla y obtener los iones, para que dentro del campo magnético puedan moverse las partículas cargadas. En la técnica con plasma inducido la muestra de sangre diluidase nebuliza y se inyecta en un plasma (Argón).

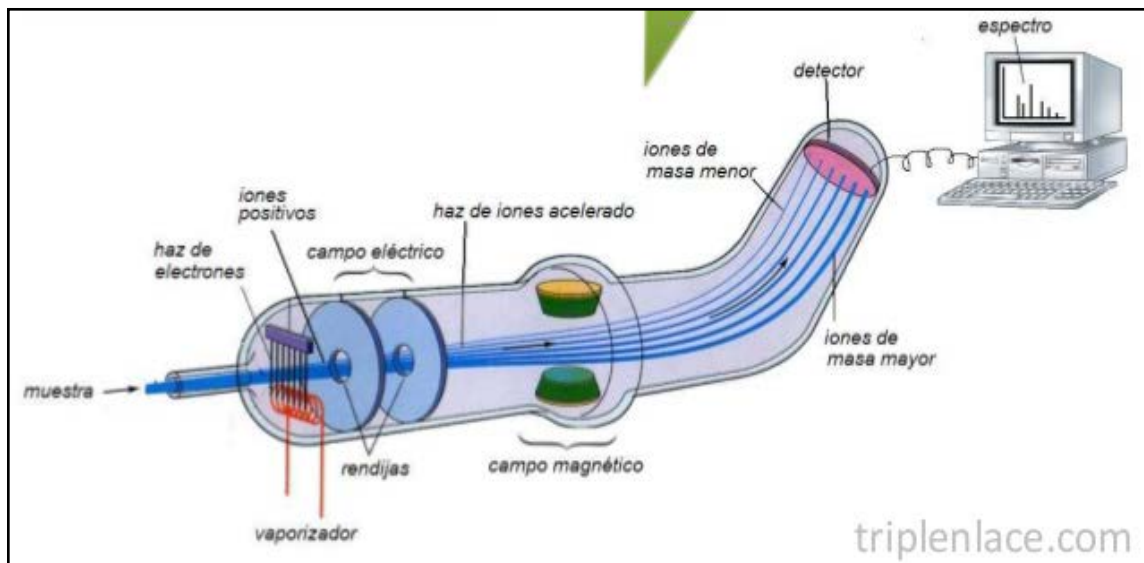
⁴⁰GAVIRA Vallejo, Jose M^a ; HERNANZ Gismero, Antonio: *Técnicas Físicoquímicas en Medio Ambiente*, Editorial UNED, Colección Grado, 6101206GR01A01, Primera edición: noviembre de 2011, ISBN: 978-84-362-6389-3. Disponible en <http://tripenlace.com/2013/05/14/espectrometria-de-masas-fundamentos/>

b) Analizador de masas. O separador de masas son aquellos dispositivos que separan los iones según su relación masa/carga. El que se usa es cuadrupolo.

c) Detector. Contabiliza los iones que le llegan según su relación m/z para después registrarlo en su correspondiente espectro de masa. Se utiliza un multiplicador de electrones.

GRAFICO N° 3

COMPONENTES DE UN ESPECTROMETRO DE MASAS



La espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo, es una técnica que permite analizar múltiples elementos y utiliza una fuente de plasma de acoplamiento inductivo, que es un gas ionizado a temperatura muy alta entre 6000 y 10000 °K y es una excelente fuente de iones y electrones para atomizar la muestra y posteriormente ionizar los átomos que se desea analizar.

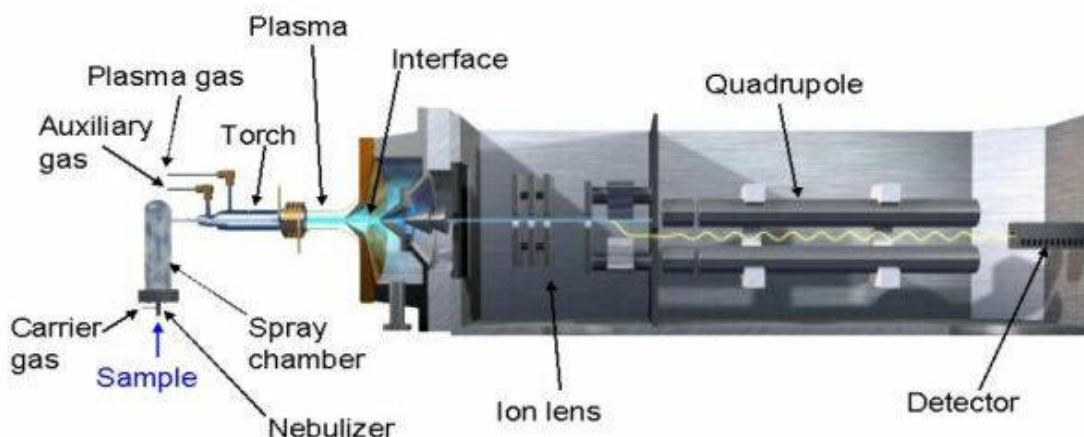
Para el uso de la técnica de espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo es necesario diluir las muestras de sangre antes de la aspiración en el plasma; por lo tanto, se requiere técnicos de laboratorio especializados para su funcionamiento óptimo.

La muestra, en forma líquida, es transportada por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde es transformada en aerosol gracias a la acción de gas argón. Dicho aerosol es conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 8000 °K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados.

Los iones se extraen del plasma y se hacen pasar por un espectrómetro de masa, (figura N° 04) los iones pasan al interior del filtro cuadrupolar a través de una interfase de vacío creciente, allí son separados según su relación carga/masa. Cada una de las masas sintonizadas llegan al detector donde se evalúa su abundancia en la muestra.

GRAFICO N ° 4

PARTES DE UN ESPECROMETRO DE MASAS CON PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCIDO (ICP - MS)



La eficiencia del plasma acoplado por inducción para producir iones a partir de los átomos que se desea analizar en la muestra aerosolizada, junto con la gran selectividad del filtro cuadrupolo (que filtra los iones), la gran amplificación de las señales iónicas que alcanzan el detector y la escasa interferencia de fondo del detector, hacen que los límites de detección del instrumento sean sumamente bajos (de partes por trillón a partes por billón) para la mayoría de los elementos. Con este método, el límite de detección para la determinación directa de la concentración de plomo en la sangre es de aproximadamente 0,1 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

Mientras que con otros métodos se pueden medir solamente uno o algunos elementos por vez, la espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo permite medir múltiples elementos en una sola muestra de apenas 50–100 μl . Esta

característica será importante para aquellas muestras que se deseen determinar otros elementos además del plomo. Además, la espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo permite determinar la relación isotópica del plomo presente en una muestra, por lo que es posible establecer si el plomo proviene de una fuente particular.⁴¹

El precio del dispositivo de espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo es elevado, pero su productividad es alta y, comparativamente, resulta económico cuando se necesita analizar numerosas muestras o elementos.

VENTAJAS

- El plasma de Ar, es una fuente eficiente de iones capaz de ionizar a la mayoría de los elementos de la tabla periódica, se hace muy utilizado para resolución de diversos problemas.⁴²
- Es una técnica con una alta precisión.
- Llega a detectar bajos límites de concentraciones
- Determinar resultados se obtiene con bajo coste económico,

⁴¹HAEFLIGER, Pascal. Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre. Organización Mundial de la Salud. 2013. Pág. 8.

⁴²BERNAL, Juan Pablo; ALIAGA CAMPUZANO, Pilar; GOMEZ Tuena, Arturo; HERNANDEZ Mendiola, Ernesto; LOUNEJEVA Baturina Elena; MARINEZ Izquiero, Haydar; ORTEGA Obregón, Carlos; PEREZ Arvizu, Ofelia; SALCEDO Gonzáles, Dara; SOLARI, Luigi. Capacidad analítica actual en espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente. Instituto Nacional de Geoquímica. Mexico 2010. Actas INAGEQ vol 16. Nro 1 Pag 313. [citado 2015-09-09], disponible en : http://www.inageq.org.mx/Actas_2010/PDF/Inv7_JPbernal_InvitedTalk_Extenso_30Ago2010.pdf

- Tiempo de demora de análisis es mínimo. Los análisis de la mayoría de los elementos e isótopos (elementos con distinta masa y en definitiva distinto número de protones) de la tabla periódica de manera simultánea se puede llegar a realizar en 5 minutos, aunque no analiza elementos inferiores al Na , salvo Li, B, y Be.

DESVENTAJAS

- Para su correcto funcionamiento se requiere de técnicos de laboratorio especializados en el manejo de ésta técnica.
- Costo elevado del equipo (alto vacío).

GRAFICO N° 05 PRUEBAS DELABORATORIO USANDO UN ESPECTROMETRO DE MASAS (ICP SM)



3.CAPITULO III : RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Lo primero que trabajamos es en recopilar y ordenar los datos tomados, para después procesarlos, analizar e interpretar con el fin de realizar una toma de decisión más efectiva. Haciendo uso de la estadística descriptiva. Se recopilaron los datos y se construyó una base de datos usando el programa SPSS 15.0 para windows.

3.1. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Las variables son las concentraciones de plomo en sangre, (que es una variable cuantitativa continua ya que son el resultado de mediciones y éstas pueden tener decimales) y las áreas de trabajo expuestas a contaminación (que son variables cualitativas politómicas nominales, ya que no tienen un orden y aparecen como categorías o atributos).⁴³

3.2. DISTRIBUCION DEL PERSONAL ESTUDIADO EN LAS AREAS DE TRABAJO

En la tabla N°4de áreas de trabajo observamos la cantidad de personas que laboran en cada área. Más de la mitad de la muestra estudiada pertenece al área de aeronaves, todas las demás áreas tienen distribución similar entre ellas.

TABLA N° 4

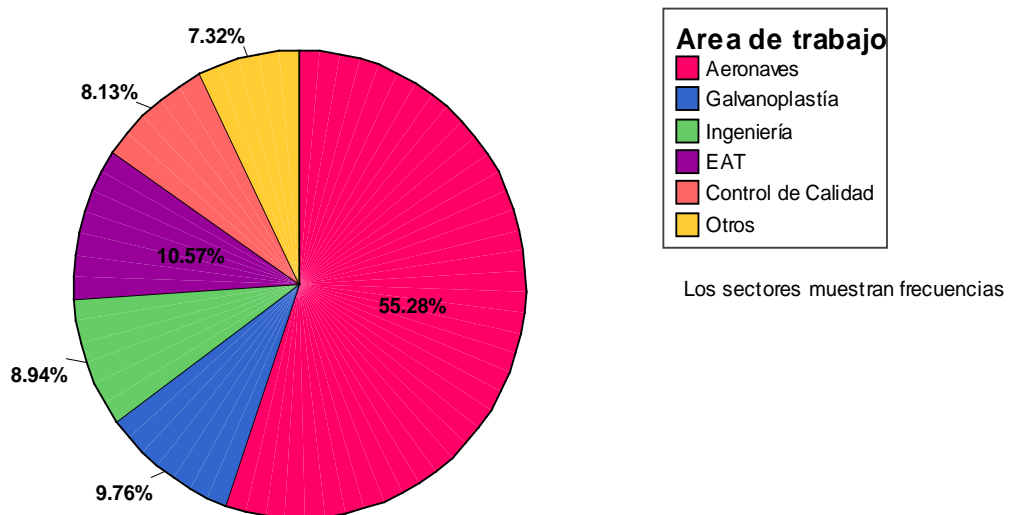
⁴³DEVORE, Jay. L. "*Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*". 2005. 6ta Edición. International Thomson Editores. California. (EE. UU).Pag. 15 y 22

ÁREAS DE TRABAJO

AREA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Aeronaves	68	55.3
Galvanoplastía	12	9.8
Ingeniería	11	8.9
EAT	13	10.6
Control de Calidad	10	8.1
Otros	9	7.3
Total	123	100.0

GRAFICO N° 06

DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL SEGUN AREAS DE TRABAJO



Elaboración Propia

3.3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN TODAS LAS ÁREAS EN GENERAL

TABLA N° 5
CONCENTRACIÓN DE PLOMO ($\mu\text{g}/\text{dl}$) CLASIFICADOS POR AÑO

AÑO	PROMEDIO ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	DESVIO ESTANDAR	MINIMO ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	MAXIMO ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	RANGO
2012	2.25	1.42	0.60	12.40	11.80
2013	2.12	2.16	0.50	14.40	13.90
2014	1.88	1.13	0.70	5.70	5.00

En el año 2012 el 50% de los empleados tiene valores de concentración de plomo menores a 1,9 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Solamente un 25% posee valores de concentración mayores a 2.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Durante el 2013 el 50% tiene los valores de concentración de plomo menores a 1.30 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y en 2014 el valor aumenta a 1,50 $\mu\text{g}/\text{dl}$. En 2014 el promedio de concentración de plomo desciende a 1.88 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

3.4. TABLAS DE RESULTADOS PARA EL AÑO 2012

Tabla de frecuencia

Como los datos obtenidos de la variable en estudio puede tomar cualquier valor que se encuentre dentro del intervalo de concentración de plomo en sangre mínima y máxima presentados en la tabla a continuación, la distribución de probabilidad que presentan nuestros datos es una distribución de una variable aleatoria continua. La distribución

normal se ajusta a las distribuciones de frecuencias reales estudiadas como las características humanas (peso, talla, coeficiente intelectual, etc)⁴⁴

En la tabla N°6 el mayor porcentaje de las frecuencias de la concentración de plomo se encuentra en el punto 1.10 con 8 repeticiones de frecuencia dando el 6.5% del total de muestras, observamos también que desde 0.6 hasta 2.80 $\mu\text{g/dl}$ se encuentran la mayor cantidad de muestras en porcentaje acumulado haciendo un total de 75,6%. Representando el tercer cuartil.

⁴⁴LEVIN I., Richard, DAVID S. Rubin. "*Estadística para administración y Economía*", 7ma Edición, 2004, Editorial Pearson Educación, Mexico. Pág 209

TABLA N° 6

FRECUENCIAS DE LA CONCENTRACION DE PLOMO AÑO 2012

Concentración de Pb ($\mu\text{g/dl}$)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos .60	2	1.6	1.6	1.6
.90	4	3.2	3.3	4.9
1.00	6	4.8	4.9	9.8
1.10	8	6.5	6.5	16.3
1.20	5	4.0	4.1	20.3
1.30	7	5.6	5.7	26.0
1.40	7	5.6	5.7	31.7
1.50	5	4.0	4.1	35.8
1.60	5	4.0	4.1	39.8
1.70	5	4.0	4.1	43.9
1.80	3	2.4	2.4	46.3
1.90	6	4.8	4.9	51.2
2.00	4	3.2	3.3	54.5
2.10	5	4.0	4.1	58.5
2.20	4	3.2	3.3	61.8
2.30	3	2.4	2.4	64.2
2.40	2	1.6	1.6	65.9
2.50	2	1.6	1.6	67.5
2.60	3	2.4	2.4	69.9
2.70	5	4.0	4.1	74.0
2.80	2	1.6	1.6	75.6
2.90	1	.8	.8	76.4
3.00	2	1.6	1.6	78.0
3.10	3	2.4	2.4	80.5
3.20	3	2.4	2.4	82.9
3.30	3	2.4	2.4	85.4
3.40	1	.8	.8	86.2
3.50	1	.8	.8	87.0
3.70	3	2.4	2.4	89.4
3.80	2	1.6	1.6	91.1
3.90	1	.8	.8	91.9
4.00	3	2.4	2.4	94.3
4.20	1	.8	.8	95.1
4.40	2	1.6	1.6	96.7
4.70	2	1.6	1.6	98.4
7.10	1	.8	.8	99.2
12.40	1	.8	.8	100.0
Total	123	99.2	100.0	
Perdidos Sistemas	1	.8		
Total	124	100.0		

Frecuencias

Según la tabla N° 7 el promedio general, en todas las áreas, de la concentración de plomo en el año 2012 es de 2.25 µg/dl, ligeramente mayor a la mediana de 1.9 µg/dl. La tendencia de mayoría de datos es cerca a 1.10 µg/dl. El valor mínimo fue de 0.60 µg/dl y el máximo valor de 12.40 µg/dl.

TABLA N° 7

ESTADISTICOS DE LA CONCENTRACION DE PLOMO

	Concentración de Plomo (µg/dl)
N Validos	123
Media	2.2545
Error típ. de la media	0.12833
Mediana	1.9
Moda	1.1
Desv. típ.	1.42324
Varianza	2.026
Asimetría	3.468
Error típ. de asimetría	0.218
Rango	11.8
Mínimo	0.6
Máximo	12.4
Suma	277.3
Percentiles	25 1.3000
	50 1.9000
	75 2.8000

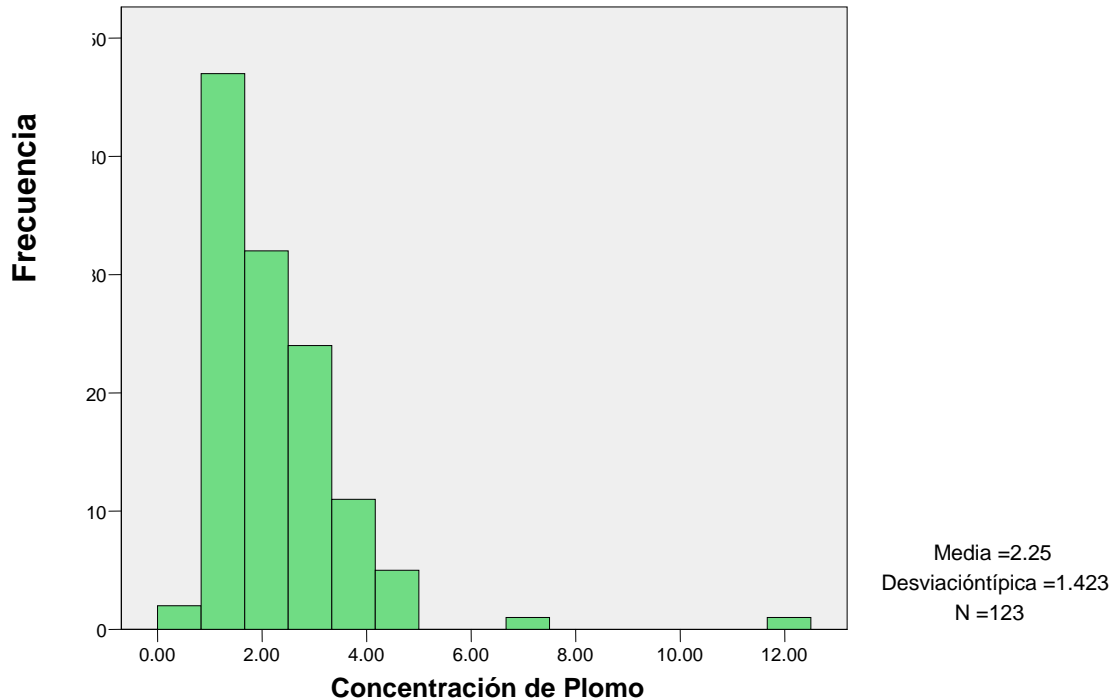
Histogramas

En el Gráfico N°7 podemos observar que el histograma de frecuencias presenta una distribución unimodal con sesgo positivo. Donde la moda, es decir la mayor cantidad de personas presentan una concentración de 1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ de plomo en sangre y disminuye la frecuencia gradualmente hasta llegar a 12 $\mu\text{g}/\text{dl}$. La desviación es 1.42.

GRAFICO N° 07

HISTOGRAMA DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO

2012



RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR (ANOVA)

ANOVA DE UN FACTOR

Se encontrarán las medias y medianas para posteriormente utilizar el Análisis de varianza de un factor ANOVA, ya que éste sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. La hipótesis que se pone a prueba es que las medias poblacionales son iguales, y si son iguales eso quiere decir que los grupos no difieren en la variable dependiente, y que en consecuencia son grupos independientes.

El estadístico del ANOVA se interpreta: la probabilidad de obtener resultados como el obtenido o mayores es menor a 0.05 ($p < 0,05$), se aceptará la hipótesis de igualdad de medias.⁴⁵

En la tabla N° 8 presenta el Descriptivo del ANOVA con respecto a la concentración de plomo, que describe la cantidad de muestras tomadas para cada área de trabajo, haciendo un total de 123 muestras, donde aparece que el resultado máximo pertenece al área de Galvanoplastia con 12.40 y también la mayor desviación típica con 3.13 comparada a una desviación típica de aprox. 1 que presentan las demás áreas.

⁴⁵Universidad Complutense de Madrid. (s.f.). "*Análisis de varianza de un factor: el procedimiento ANOVA de un factor*". citado el 23 de julio de 2015, Disponible en: http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materiales/analisis_datosyMultivariable/14anova1_SPSS.pdf

TABLA N° 8 DESCRIPTIVOS

Concentración de Plomo ($\mu\text{g/dl}$)

Área	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
Aeronaves	68	2.1265	1.14405	.13874	1.8496	2.4034	.90	7.10	
Galvanoplastía	12	3.0083	3.13527	.90507	1.0163	5.0004	1.10	12.40	
Ingeniería	11	2.2636	.88687	.26740	1.6678	2.8594	1.00	4.20	
EAT	13	2.8385	.96310	.26712	2.2565	3.4205	1.10	4.40	
Control de Calidad	10	2.0000	1.21564	.38442	1.1304	2.8696	.60	4.40	
Otros	9	1.6444	.57470	.19157	1.2027	2.0862	.60	2.40	
Total	123	2.2545	1.42324	.12833	2.0004	2.5085	.60	12.40	
Modelo			1.40439	.12663	2.0037	2.5053			
				.20987	1.7150	2.7940			.08088

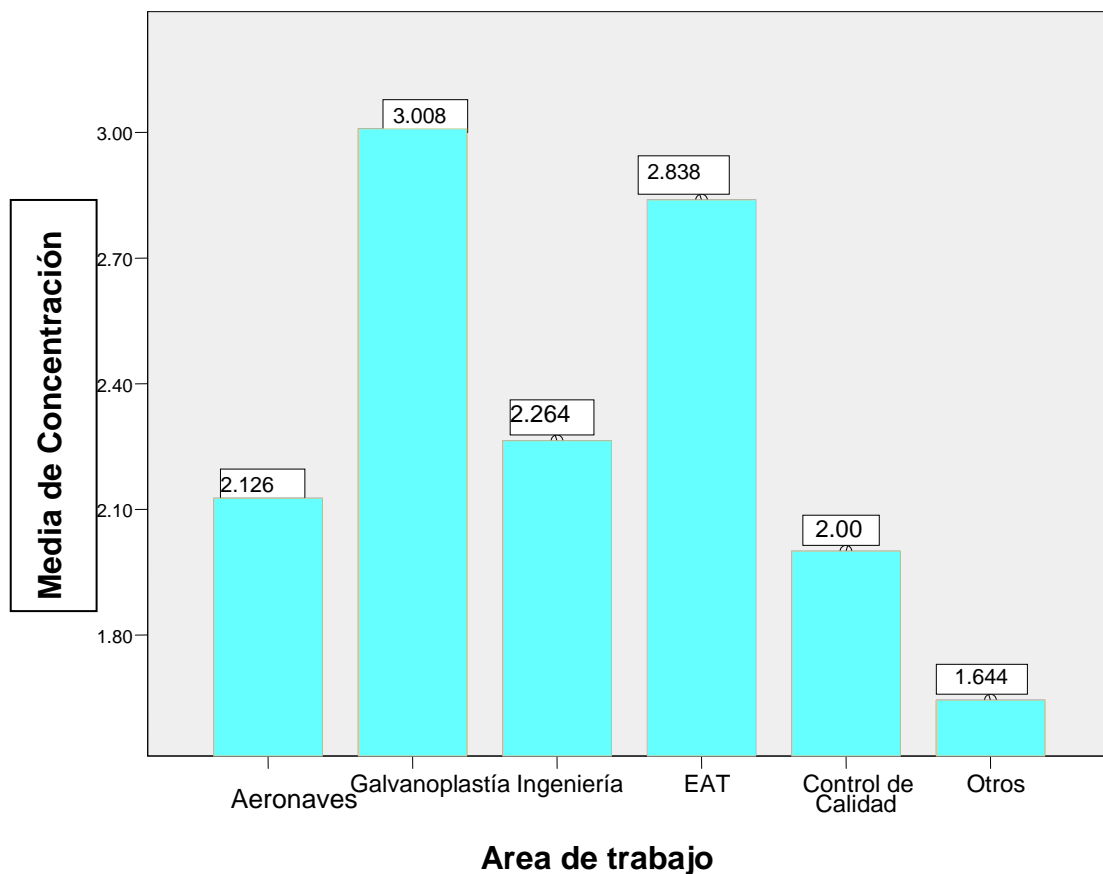
En la última columna se presenta la varianza de las muestras entre los grupos, dando 0.080 que es mayor a la $p < 0,05$ rechazamos la hipótesis H_0 de igualdad de medias, concluiremos que no todas las medias poblacionales son iguales.

GRAFICO DE LAS MEDIAS

En el eje de ordenadas figuran las concentraciones plomo, y en el eje de abscisas el área de trabajo. En esta gráfica observamos que la mayor concentración de plomo se encuentra en el área de galvanoplastía y la menor en el área de Control de Calidad y en Otros, siendo éste último la media menor.

GRÁFICO N° 08

MEDIAS DE CONCENTRACIÓN PARA EL AÑO 2012



No podemos aplicar éste método, ya que el estadístico F del ANOVA de un factor se basa en el cumplimiento de dos supuestos fundamentales normalidad y homocedasticidad u homogeneidad de varianzas.⁴⁶ Debemos aplicar un método que se acomode a los datos y grupos con que contamos. Los métodos no paramétricos es una alternativa apropiada para la prueba de la teoría normal. No requiere supuestos de varianzas iguales y como necesitamos querer comprobar 3 o más poblaciones usamos Kruskal- Wallis, ya que es el equivalente al análisis de varianza de una sola vía, no requiere un supuesto de normalidad, ni tampoco varianzas iguales.⁴⁷

Pruebas no paramétricas

Llamadas también métodos de distribución libre, se utilizan cuando se desconoce la distribución de la población de donde fue obtenida la muestra.

Permite contrastar hipótesis que no son afirmaciones acerca de los parámetros de la población. Debe ser libre de curva, es decir sin distribución específica Se utiliza para probar si un grupo de datos vienen de la misma población.

Prueba de Kruskal-Wallis

Se utiliza para probar la hipótesis nula de que tres o más muestras independientes provienen de poblaciones idénticas; determinando que las diferencias entre ellas no sean al azar, más bien sean estadísticamente significativas.

La variable Independiente (VI) : Áreas de trabajo

⁴⁶GONZALES SUCH, J., M., B., & JORNET, J. "Introducción al SPSS". Grupo de Innovación educativa Universitat de Valencia. [citado 2015-08-02]. Disponible en: <http://www.uv.es/innovamide/spss>. Valencia, España, España.

⁴⁷WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H., & MYERS, Sharon L." *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*", 6ta Edición, 1999, Mexico, Prentice-Hall Hispanoamericana.

La variable Dependiente (VD) : Concentración de plomo

La hipótesis inicial H_0 : No hay diferencia en la concentración de plomo entre las áreas más expuestas.

Prueba estadística: Kruskal - Wallis en el programa estadístico SPSS

Regla de decisión: Si $p \leq 0,05$ se rechaza H_0

En la tabla N° 5 de rangos, se presentan los áreas comparadas con los números de casos presentes en cada área, y los rangos promedio, que se da de dividir la suma de los rangos entre la cantidad de casos para cada área.

TABLA N° 9
RANGOS DE KRUSKAL WALLIS

	Area de trabajo	N	Rango promedio
Concentración de Plomo	Aeronaves	68	58.96
	Galvanoplastía	12	66.08
	Ingeniería	11	68.50
	EAT	13	85.46
	Control de Calidad	10	53.20
	Otros	9	47.50
	Total	123	

En el cuadro de estadístico de contraste tabla N° 10. Si la significancia (sig.asintót) es $\geq 0,05$ aceptamos la hipótesis nula.

TABLA N° 10

ESTADÍSTICOS DE CONTRASTE(a,b)

	Concentración de Plomo
Chi-cuadrado	8.760
gl	5
Sig. asintót.	.119

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Area de trabajo

De la prueba de Kruskal Wallis en la tabla N°10 podemos observar que no hay diferencias significativas en el nivel de concentración de plomo entre las distintas áreas de trabajo para el año 2012.

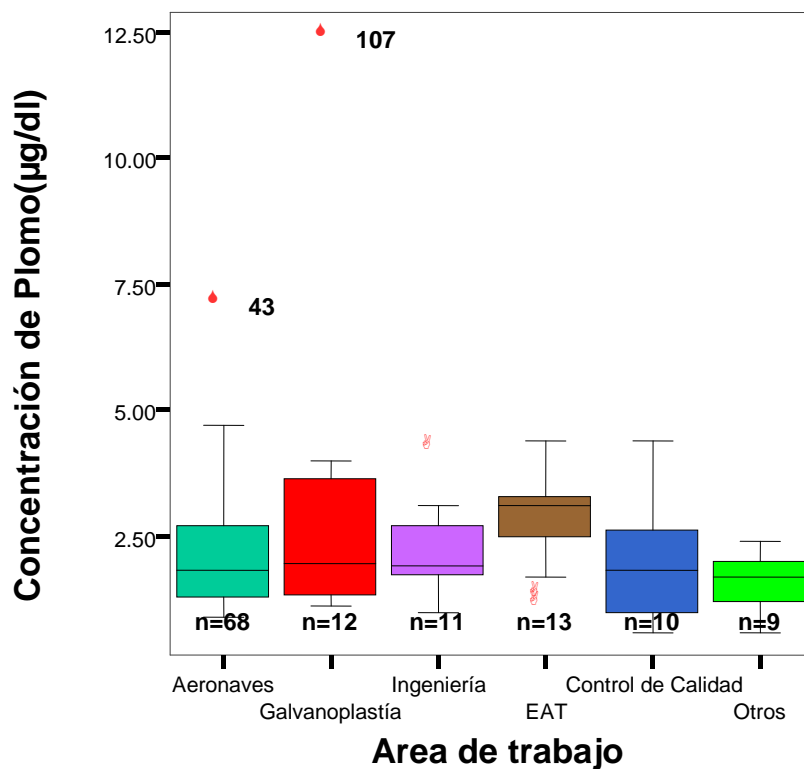
Gráfico interactivo de cajas. Gráfico N° 09

Cada caja representa un área en el que el personal trabaja, éste gráfico de cajas simplifica el criterio de comparar grupos, al observar las medianas nos indica que no hay diferencias significativas entre áreas, es decir hay una relativa homogeneidad y que el área de EAT presenta una mediana superior en el contexto general del personal, donde los valores del primer y tercer cuartil están bastante cercanos los resultados de los datos nos arrojan que es bastante homogénea. El área de Galvanoplastia presenta la mayor concentración de plomo en el tercer cuartil es decir que al 75% de los datos presentan una concentración de plomo mayor que las demás áreas, y el 25 % del personal presenta los valores más altos en comparación con los últimos cuartiles de las demás áreas . En el mismo gráfico observamos algunos valores atípicos, en el área de EAT presentan 2 valores atípicos moderados mínimos y 1 valor atípico moderado máximo en el área de Ingeniería que no sobrepasa la concentración de 5 µg /dl. En el área de aeronaves se

observa un valor atípico extremo superior con una concentración de 7.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$, como también en el área de Galvanoplastia con 12,4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ que es el valor máximo que se presenta en todo el estudio. Los valores mínimos se presentan en las áreas de control de calidad y otros, la caja perteneciente al área de Otros con 9 muestras presenta los datos agrupados y concentraciones bajas.

GRAFICO N° 09

CONCENTRACION DE PLOMO EN SANGRE AÑO 2012



3.5. TABLAS DE RESULTADOS PARA EL AÑO 2013

Tabla de frecuencia para el año 2013

En la tabla N° 11 podemos observar que las concentraciones de plomo en sangre entre el personal para el año 2013 varía desde 0.5 hasta 14.40 $\mu\text{g/dl}$. La mayor frecuencia de muestras se presenta en una concentración de 1.20 $\mu\text{g/dl}$. El tercer cuartil de muestras se presenta a una concentración de 2.20 $\mu\text{g/dl}$.

TABLA N° 11

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE PARA EL AÑO 2013

($\mu\text{g/dl}$)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido .50	1	.8	.8	.8
.60	2	1.6	1.6	2.4
.70	3	2.4	2.4	4.9
.80	6	4.9	4.9	9.8
.90	6	4.9	4.9	14.6
1.00	9	7.3	7.3	22.0
1.10	14	11.4	11.4	33.3
1.20	16	13.0	13.0	46.3
1.30	7	5.7	5.7	52.0
1.40	7	5.7	5.7	57.7
1.50	4	3.3	3.3	61.0
1.60	5	4.1	4.1	65.0
1.70	5	4.1	4.1	69.1
1.80	3	2.4	2.4	71.5
1.90	1	.8	.8	72.4
2.00	1	.8	.8	73.2
2.10	1	.8	.8	74.0
2.20	2	1.6	1.6	75.6
2.30	2	1.6	1.6	77.2
2.50	2	1.6	1.6	78.9
2.60	2	1.6	1.6	80.5
2.70	3	2.4	2.4	82.9
2.80	1	.8	.8	83.7
2.90	2	1.6	1.6	85.4
3.00	1	.8	.8	86.2
3.40	2	1.6	1.6	87.8
3.60	1	.8	.8	88.6
3.80	1	.8	.8	89.4
4.20	1	.8	.8	90.2
4.50	1	.8	.8	91.1
4.90	1	.8	.8	91.9
5.10	1	.8	.8	92.7
5.30	1	.8	.8	93.5
7.00	1	.8	.8	94.3
7.30	1	.8	.8	95.1
7.90	2	1.6	1.6	96.7
8.90	1	.8	.8	97.6
9.00	1	.8	.8	98.4
10.80	1	.8	.8	99.2
14.40	1	.8	.8	100.0
Total	123	100.0	100.0	

Frecuencias

Según la tabla N° 12 el promedio general, en todas las áreas, de la concentración de plomo en el año 2013 es de 2.11 $\mu\text{g/dl}$, mayor a la mediana de 1.3. La tendencia de mayoría de datos es cerca a 1.20 $\mu\text{g/dl}$. El valor mínimo fue de 0.50 $\mu\text{g/dl}$ y el máximo valor es de 14.40 $\mu\text{g/dl}$.

TABLA N° 12
ESTADISTICOS DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO 2013

	Concentración de Plomo
N válidos	123
perdidos	0
Media	2.1195
Moda	1.2
Desv. típ.	2.16294
Varianza	4.678
Mínimo	0.5
Máximo	14.4

Histogramas

En el Gráfico N°10 podemos observar que el histograma de frecuencias presenta una distribución unimodal con sesgo positivo. Donde la moda, es decir la mayor cantidad de personas presentan una concentración de 1.20 $\mu\text{g/dl}$ de plomo en sangre y disminuye gradualmente hasta llegar a 14.40 $\mu\text{g/dl}$. La desviación es de 2.16 $\mu\text{g/dl}$ y la media de 2.12 $\mu\text{g/dl}$.

GRAFICO N° 10

HISTOGRAMA DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO 2013

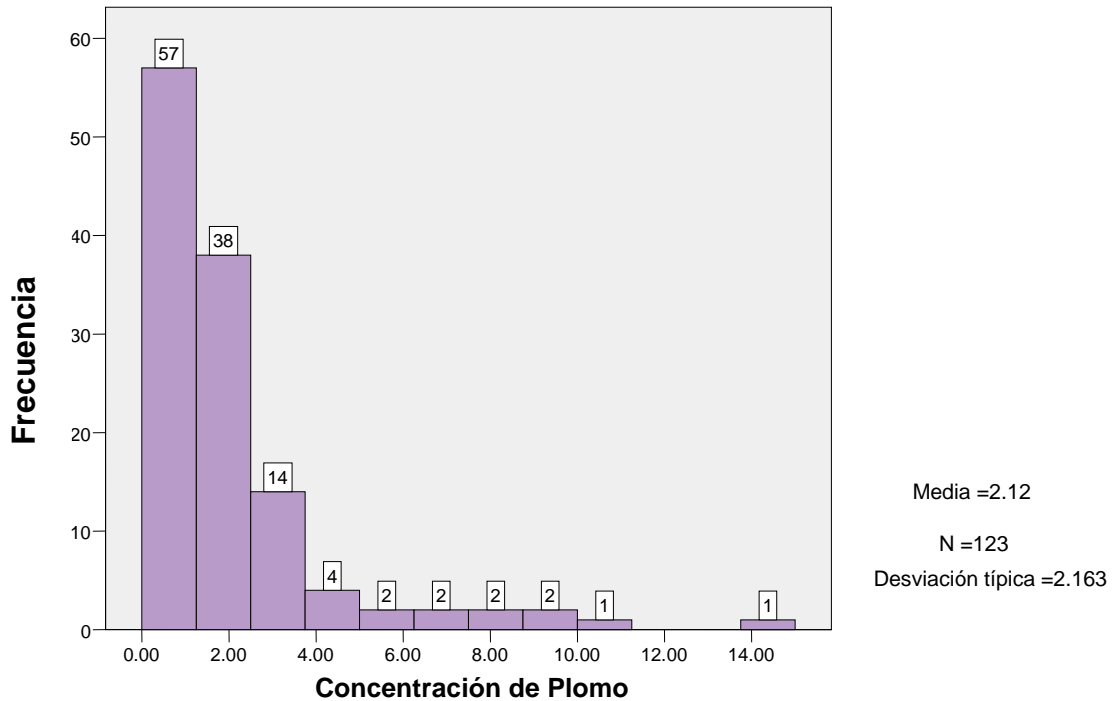
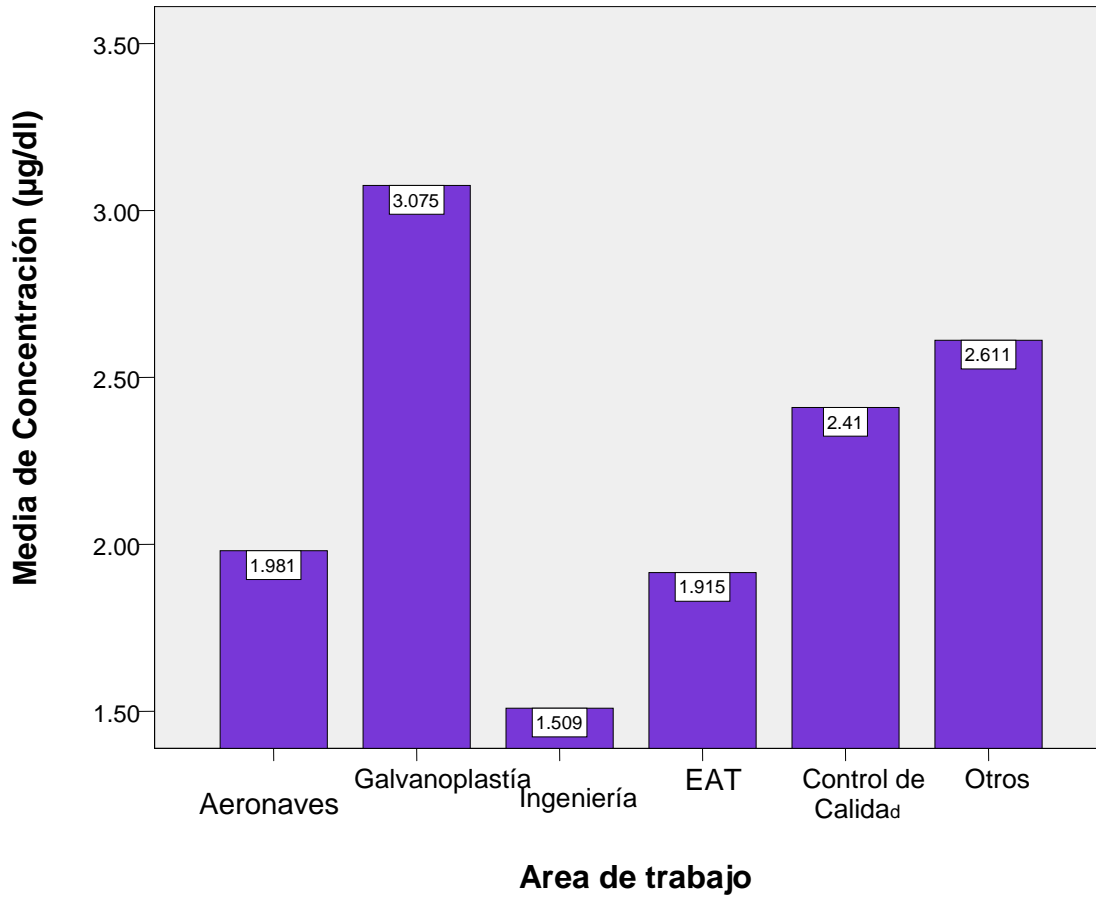


GRAFICO DE LAS MEDIAS

Es la representación gráfica de los valores medios que encontramos en cada área. En el eje de ordenadas figuran las concentraciones plomo, y en el eje de abscisas el área de trabajo. En ésta gráfica observamos que la mayor concentración de plomo se encuentra en el área de Galvanoplastia y la menor en el área de Ingeniería.

GRÁFICO N° 11

MEDIAS DE CONCENTRACIÓN PARA EL AÑO 2013



Al igual que para el año 2012 aplicamos un método no paramétricos que se acomode a los datos y grupos con que contamos, así que usamos Kruskal- Wallis, ya que es el equivalente al análisis de varianza de una sola vía, no requiere un supuesto de normalidad, ni tampoco varianzas iguales.

Pruebas no paramétricas

Llamadas también métodos de distribución libre, se utilizan cuando se desconoce la distribución de la población de donde fue obtenida la muestra.

Permite contrastar hipótesis que no son afirmaciones acerca de los parámetros de la población. Se utiliza para probar si un grupo de datos vienen de la misma población.

Prueba de Kruskal-Wallis

Esta es una prueba de comparación entre 6 áreas.

La variable Independiente (VI) :Áreas de trabajo

La variable Dependiente (VD) : Concentración de plomo

La hipótesis inicial H_0 : No hay diferencia en la concentración de plomo entre las áreas más expuestas a contaminación .

Prueba estadística: Kruskal - Wallis en el programa estadístico SPSS

Regla de decisión: Si $p \leq 0,05$ se rechaza H_0

En la tabla N° 13 se presentan los de rangos de las áreas de trabajo comparadas con los números de casos presentes en cada área, y los rangos promedio, que se da de dividir la suma de los rangos de cada área de trabajo entre la cantidad de casos de cada área.

TABLA N°13**RANGOS DE PRUEBAS DE KRUSKAL- WALLIS**

	Area de trabajo	N	Rango promedio
Concentración de Plomo	Aeronaves	68	59.85
	Galvanoplastía	12	67.58
	Ingeniería	11	58.00
	EAT	13	74.46
	Control de Calidad	10	44.20
	Otros	9	77.50
	Total	123	

En el cuadro de estadístico de contraste tabla N° 14. Observamos los grados de libertad que son 5, el chi cuadrado y la significancia (sig.asintót), si la significancia es $\leq 0,05$ rechazamos la hipótesis nula.

TABLA N° 14**ESTADÍSTICOS DE CONTRASTE(a,b)**

	Concentración de Plomo
Chi-cuadrado	6.495
gl	5
Sig. asintót.	.261

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Área de trabajo

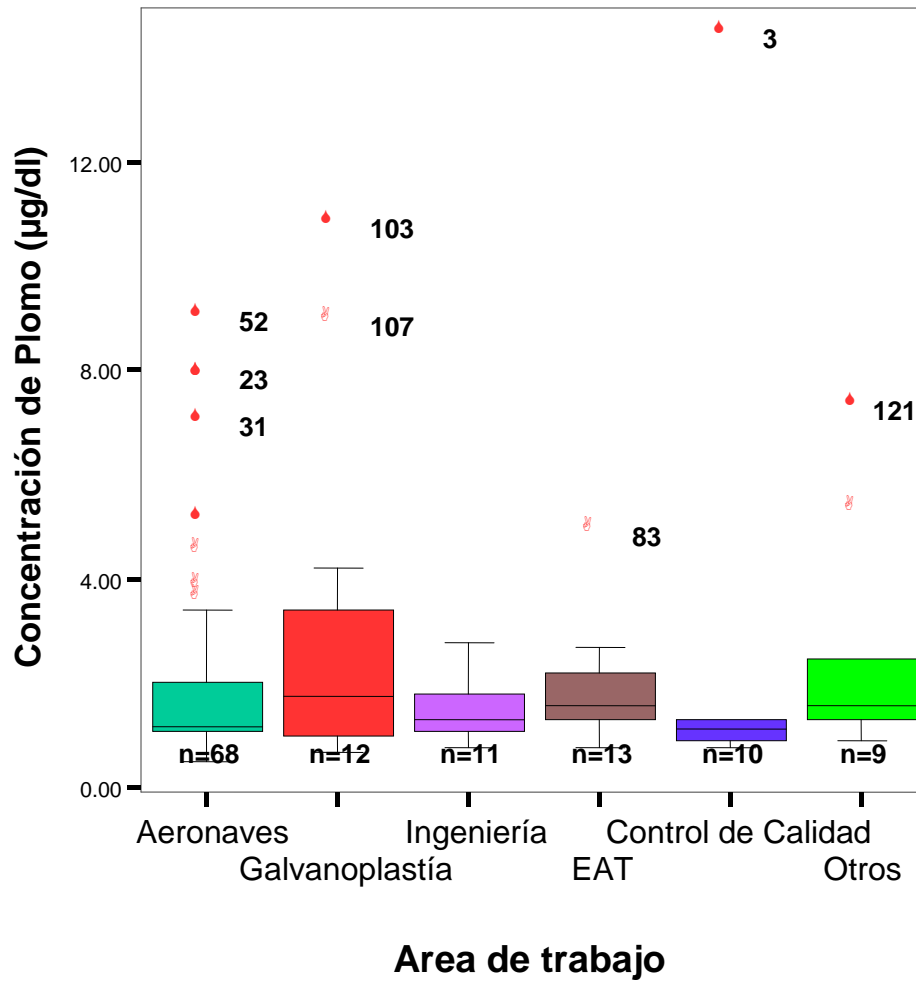
De la prueba de Kruskal Wallis en la tabla N°10. La significancia para éste caso es $0.261 \geq 0.05$ aceptamos la H_0 , y observamos que no hay diferencias significativas, es decir el nivel de concentración de plomo es muy similar en todas las áreas para el año 2013.

Gráfico interactivo de cajas. Gráfico N° 12

Cada caja representa un área en el que el personal labora, éste gráfico de cajas simplifica el criterio de comparar grupos, al observar las medianas nos indica que no hay diferencias significativas entre áreas, es decir hay una relativa homogeneidad y que el área de Aeronaves presenta una mediana inferior en el contexto general del personal a pesar que es el área que presenta mayor cantidad de valores atípicos superiores. En el área de Control de Calidad se muestran los datos bien agrupados donde los valores del primer y tercer cuartil están bastante cercanos y solo un valor atípico extremo superior de $14.4 \mu\text{g/dl}$ los resultados de los datos nos arrojan que es bastante homogénea de la misma forma el área de Ingeniería. El área de Galvanoplastia presenta la mayor concentración de plomo en el segundo cuartil es decir que el 50% de los datos presentan una concentración de plomo mayor que las demás áreas, presentan valores atípicos moderados y extremos. Quiere decir que el 50% de las muestras presentan concentraciones de plomo en sangre superiores a $2.20 \mu\text{g/dl}$ llegando como máximo hasta $10.80 \mu\text{g/dl}$.

GRAFICO N° 12

DIAGRAMA DE CAJAS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE PARA EL AÑO 2013



3.6. TABLAS DE RESULTADOS PARA EL AÑO 2014

Tabla de frecuencia para el año 2014

En la tabla N° 15 podemos observar que las concentraciones de plomo en sangre entre el personal para el año 2014 presenta poca variación con respecto a los años anteriores varían desde 0.70 hasta 5.70 $\mu\text{g}/\text{dl}$. La mayor frecuencia de muestras se presenta en una concentración de 1.10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y 1.30 $\mu\text{g}/\text{dl}$. El 75% de muestras tomadas presentan concentraciones menores a 2.20 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

TABLA N° 15

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE PARA EL AÑO 2014

($\mu\text{g/dl}$)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos .70	2	1.6	1.6
.80	11	8.9	10.6
.90	3	2.4	13.0
1.00	6	4.8	17.9
1.10	11	8.9	26.8
1.20	7	5.6	32.5
1.30	11	8.9	41.5
1.40	6	4.8	46.3
1.50	9	7.3	53.7
1.60	4	3.2	56.9
1.70	3	2.4	59.3
1.80	3	2.4	61.8
1.90	7	5.6	67.5
2.00	5	4.0	71.5
2.10	2	1.6	73.2
2.20	5	4.0	77.2
2.30	2	1.6	78.9
2.40	3	2.4	81.3
2.50	1	.8	82.1
2.60	1	.8	82.9
2.70	1	.8	83.7
2.80	2	1.6	85.4
2.90	2	1.6	87.0
3.00	1	.8	87.8
3.10	2	1.6	89.4
3.50	2	1.6	91.1
3.80	2	1.6	92.7
4.10	1	.8	93.5
4.20	1	.8	94.3
4.30	1	.8	95.1
5.00	1	.8	95.9
5.30	2	1.6	97.6
5.50	1	.8	98.4
5.60	1	.8	99.2
5.70	1	.8	100.0
Total	123	99.2	
Perdidos Sistemas	1	.8	
Total	124	100.0	

Frecuencias

Según la tabla N° 16 el promedio general, de la concentración de plomo para el año 2014 es de 1.87 $\mu\text{g/dl}$, ligeramente mayor a la mediana que presenta un valor de 1.5. El valor mínimo es de 0.70 $\mu\text{g/dl}$ y el máximo valor presentado es de 5.70 $\mu\text{g/dl}$.

TABLA N° 16

ESTADISTICOS DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO 2014

Concentración de Plomo ($\mu\text{g/dl}$)

N	Válidos	123
	Perdidos	1
Media		1.8764
Error típ. de la media		.10155
Mediana		1.5000
Moda		.80(a)
Desv. típ.		1.12629
Varianza		1.269
Mínimo		.70
Máximo		5.70
Suma		230.80

a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Histogramas

En el Gráfico N°13 podemos observar que el histograma de frecuencias presenta una distribución unimodal con sesgo positivo. Donde la moda, es decir la mayor cantidad de personas presentan una concentración de 1.20 $\mu\text{g/dl}$ de plomo en sangre y disminuye gradualmente hasta llegar a 6 $\mu\text{g/dl}$. La desviación es de 1.12 y la media de 1.88.

GRAFICO N° 13

HISTOGRAMA DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO 2014

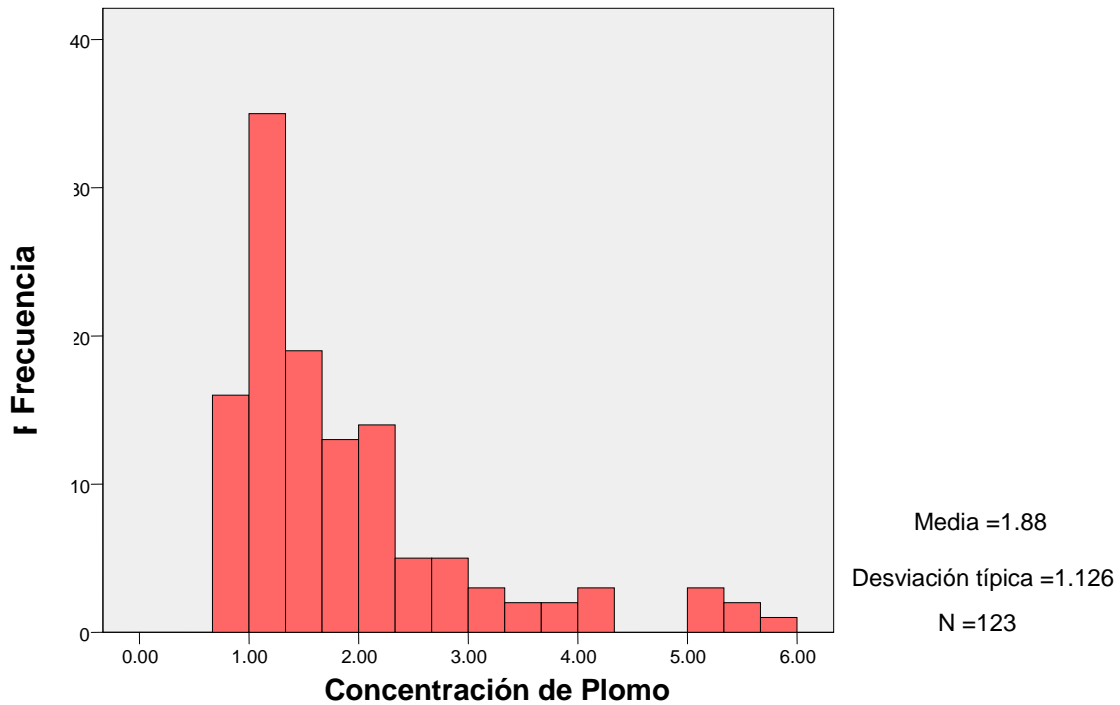
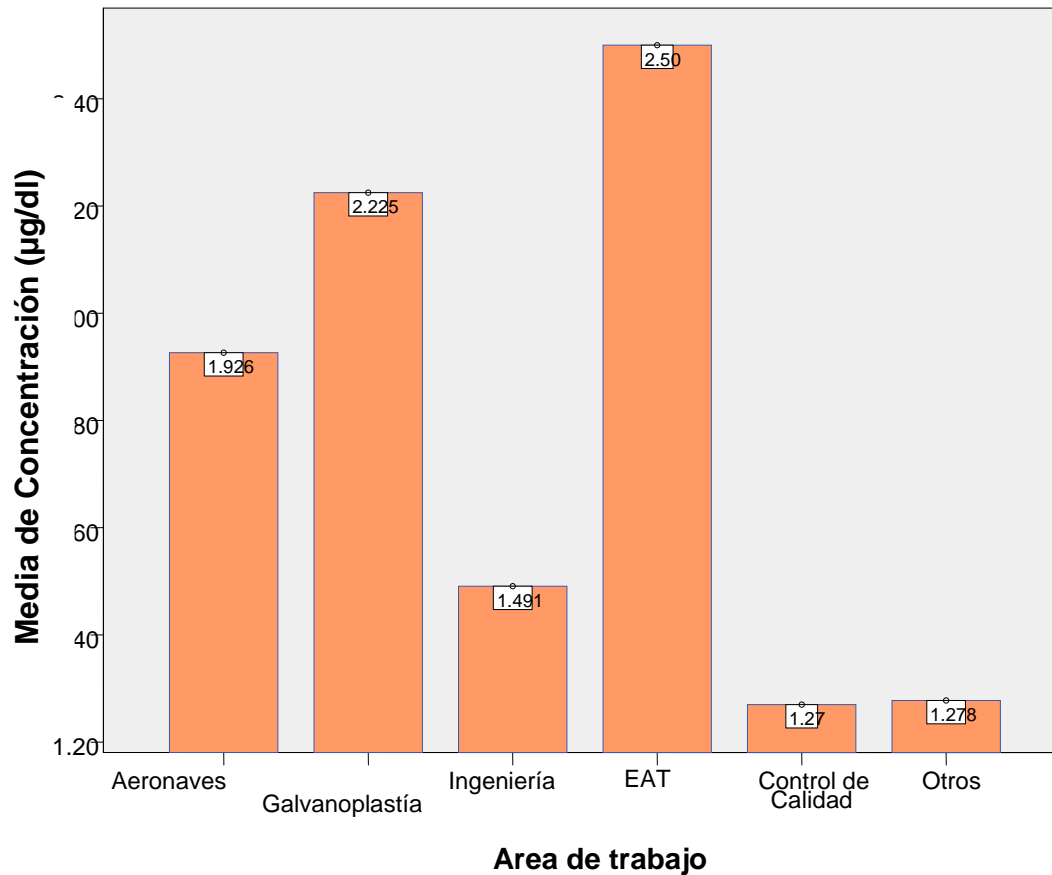


GRAFICO DE LAS MEDIAS

Es la representación gráfica de los valores medios que encontramos en cada área. En el eje de ordenadas figuran las concentraciones plomo, y en el eje de abscisas el área de trabajo. Gráfico N° 14. En ésta gráfica observamos que la mayor concentración media de plomo se encuentra en el área de EAT, disminuye para el área de Galvanoplastía y Aeronaves. Las menores medias de concentración de plomo se presentan en Control de Calidad y Otros.

GRÁFICO N° 14

MEDIAS DE CONCENTRACIÓN PARA EL AÑO 2014



Al igual que para los años anteriores aplicamos uno de los métodos no paramétricos que se acomode a los datos y grupos con que contamos, así que usamos Kruskal- Wallis, por los motivos descritos anteriormente.

Pruebas no paramétricas

Llamadas también métodos de distribución libre, se utilizan cuando se desconoce la distribución de la población de donde fue obtenida la muestra.

Permite contrastar hipótesis que no son afirmaciones acerca de los parámetros de la población. Se utiliza para probar si un grupo de datos vienen de la misma población.

Prueba de Kruskal-Wallis

Esta es una prueba de comparación entre 6 áreas.

La variable Independiente (VI) : Áreas de trabajo

La variable Dependiente (VD) : Concentración de plomo

La hipótesis inicial H_0 : No hay diferencia en la concentración de plomo entre las áreas más expuestas a contaminación .

Prueba estadística: Kruskal - Wallis en el programa estadístico SPSS

Regla de decisión: Si $p \leq 0,05$ se rechaza H_0

TABLAN° 17

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS USANDO KRUSKAL-WALLIS

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentiles		
						25	50 (Mediana)	75
	25	50 (Mediana)	75	25	50 (Mediana)	75	25	50 (Mediana)
Concentración de Plomo	123	1.8764	1.12629	.70	5.70	1.1000	1.5000	2.2000
Area de trabajo	123	1.28	1.706	0	5	.00	.00	3.00

RANGOS DE PRUEBAS DE KRUSKAL- WALLIS

En la tabla N° 18 se presentan los rangos de las áreas de trabajo comparadas con los números de casos presentes en cada área, y los rangos promedio, que se da de dividir la suma de los rangos de cada área de trabajo entre la cantidad de casos de cada área.

TABLA N° 18**RANGOS DE PRUEBAS DE KRUSKAL- WALLIS**

	Area de trabajo	N	Rango promedio
Concentración de Plomo ($\mu\text{g/dl}$)	Aeronaves	68	63.10
	Galvanoplastía	12	74.83
	Ingeniería	11	47.00
	EAT	13	87.88
	Control de Calidad	10	39.10
	Otros	9	43.00
	Total	123	

En el cuadro de estadístico de contraste tabla N° 19. Observamos los grados de libertad que son 5, el chi cuadrado y la significancia (sig.asintót), si la significancia es $\leq 0,05$ rechazamos la hipótesis nula.

TABLA N° 19 ESTADÍSTICOS DE CONTRASTE(a,b)

	Concentración de Plomo
Chi-cuadrado	17.159
gl	5
Sig. asintót.	.004

a Prueba de Kruskal-Wallis

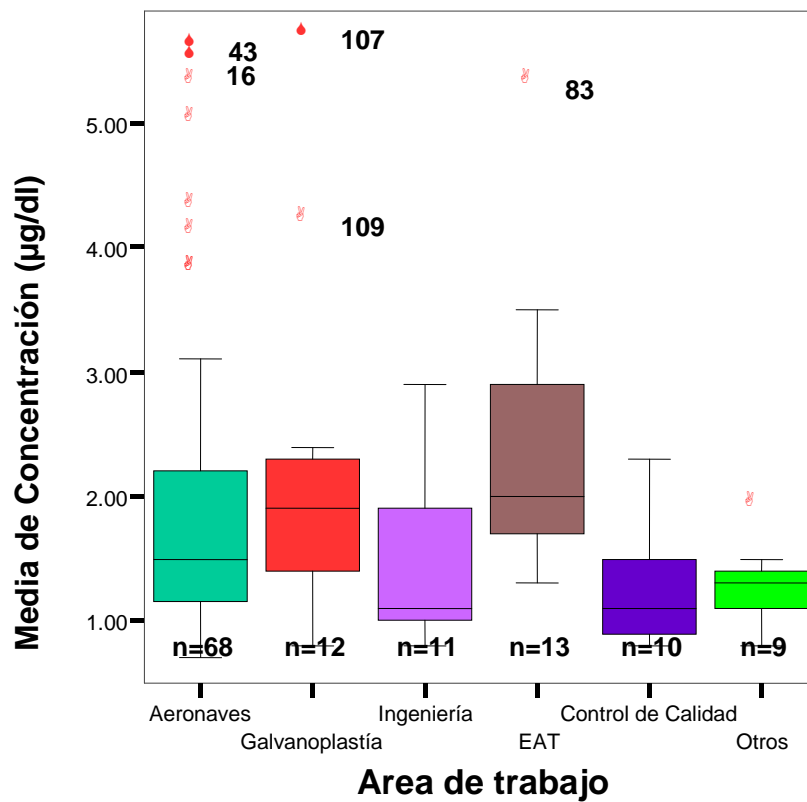
b Variable de agrupación: Area de trabajo

De la prueba de Kruskal Wallis en la tabla N°19 podemos observar que la significancia para éste caso es $0.004 \leq 0.05$ rechazamos la H_0 , y podemos decir que el nivel de concentración de plomo es diferente en por lo menos dos áreas de trabajo para el año 2014.

Gráfico interactivo de cajas. Gráfico N° 15

Cada caja representa un área en el que el personal labora, este gráfico de cajas simplifica el criterio de comparar grupos, al observar las medianas observamos cierta diferencia de las áreas de EAT y Galvanoplastía con respecto a las demás áreas y la caja de EAT muestra el tercer cuartil muy superior a todas las demás representando que el 50 % de las muestras de EAT se encuentran en concentraciones superiores sobre los puntos máximos de las demás áreas y presenta un valor atípico moderado superior. El área de Galvanoplastía presenta una mediana alta pero a partir del 50% las muestras dan resultados más compactos hasta llegar al punto máximo que no es muy lejos del tercer cuartil, presenta 2 valores atípicos superiores. El área de Aeronaves presenta una mediana inferior pero los datos están más esparcidos pues el valor máximo está por sobre Galvanoplastía y llegando hasta EAT, y presenta varios valores superiores atípicos moderados y dos atípicos extremos. En el área de Otros se muestran los datos bien agrupados donde los valores del primer y tercer cuartil están bastante cercanos y solo un valor atípico moderado superior los resultados de los datos nos arrojan que es bastante homogénea de la misma forma el área de Control de Calidad.

GRAFICO N° 15
DIAGRAMA DE CAJAS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE
PARA EL AÑO 2014



CONCLUSIONES

- Para todos los años se presenta mayor frecuencia de muestras en concentraciones bajas de plomo en sangre, alrededor de 1.30 $\mu\text{g}/\text{dl}$.
- Para los años 2012 y 2013 el área que presenta mayor media de plumbemia es Galvanoplastía, y en el año 2014 lo presenta el área de EAT.
- Las muestras con mayor concentración de plomo en sangre se presenta en el área de Galvanoplastía en los años 2012 y 2014. Las muestras pertenecen al mismo número de identificación que fue disminuyendo gradualmente en cada año, ya que a partir del año 2012 al presentar la mayor plumbemia estuvo en tratamiento de quelación natural, a base de ingesta de perejil, cilantro y pescado de mar.
- En general los datos de plumbemia han ido disminuyendo debido a que se intensificó el uso de equipos de protección personal tras recibir los primeros resultados de plumbemia en forma personal y capacitar sobre enfermedades profesionales y sus consecuencias.
- En el área de Galvanoplastía disminuyeron los datos de plumbemia ya que para finales del año 2012 se puso en marcha la operatividad de 2 lavadores de gases contaminantes (scrubers), y el uso más exhaustivo de quipos de protección personal
- De los resultados podemos concluir que para los años 2012 y 2013 no hay diferencias significativas de plumbemia entre las 6 áreas estudiadas.
- Entre los años estudiados, las áreas que muestran mayor contaminación son Galvanoplastía y EAT, aunque no se muestran diferencias significativas en los años 2012 y 2013, si lo hay para el 2014. El área de AET está referida a equipos

terrestres con motor a diésel y gasolina y es de allí que puede venir la contaminación por plomo ya que se observa en todas las muestras de ésta área un aumento gradual leve de plumbemia en cada año, a diferencia del área de Galvanoplastia, acota a éste estudio que el área de EAT ha venido trabajando sin mejoras en el proceso.

- El área con menor afectación es la correspondiente a Otros, ya que básicamente ésta no es un área específica, sino mas bien la conglomeración de trabajadores que están indirectamente relacionadas con el proceso como logística, seguridad, personal de limpieza, etc.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer estudios posteriores de Cromo y Cadmio en sangre para el personal que labora en Galvanoplastia, ya que esta área trabaja con recubrimientos de dichos metales en gran escala.
- Si se continúan haciendo estudios posteriores de plumbemia, se debe verificar la variación en las medias, así como la comparación de las modas en las áreas.
- El Departamento de Prevención de Accidentes y Seguridad Laboral debe continuar capacitando al personal para el buen uso de los equipos de protección personal.
- Ya que el personal no se encuentra contaminado con plomo, no es necesario usar agente químicos de quelación. Pero si se recomienda la capacitación para el uso de quelantes naturales como agregar en la ingesta diaria el uso de cilantro, perejil, ajo, cebolla, lentejas y vinagre de manzana.

BIBLIOGRAFIA ORDENADA ALFABETICAMENTE

ALBIANO, Nelson F. "Toxicología Laboral, criterios para el manejo de la salud de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas". Superintendencia de Riesgos del Trabajo. SRT- Argentina. 1999.

AMERICAN ASSOCIATION for Clinical CHEMistry. Lab Test Online. Protoporfirina Zinc Eritrocitaria. 2013. Citado : 13-08-2015. Disponible en: <http://www.labtestsonline.es/tests/ZPP.html?tab=2>

ANTAY UTANI, José Carlos; SAIRE MARIN, Alonso. Cuantificación de plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria en trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el campus universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cibertesis de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2014. citado 2015-08-10 Disponible en : <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3833>

AROSQUIPA AGUILAR, Graciela y VILLEGAS SILVA, Elvito. Determinación del contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina de las unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana. Rev. Soc. Quím. Perú [online]. 2013, vol.79, n.3 [citado 2015-01-16], pp. 229-235 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000300005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

BAKIEVA, M., González Such, J. y Jornet, J. SPSS: ANOVA de un Factor. Grupo de Innovación educativa. Universitat de València. [citado 2015-07-25]. Disponible en: http://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf

BERNAL, Juan Pablo; ALIAGA CAMPUZANO, Pilar; GOMEZ Tuena, Arturo; HERNANDEZ Mendiola, Ernesto; LOUNEJEVA Baturina Elena; MARINEZ Izquiero, Haydar; ORTEGA Obregón, Carlos; PEREZ Arvizu, Ofelia; SALCEDO Gonzáles, Dara; SOLARI, Luigi. Capacidad analítica actual en espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente. Instituto Nacional de Geoquímica. Mexico 2010. Actas INAGEQ vol 16. Nro 1 Pag 313. [citado 2015-09-09], disponible en : http://www.inageq.org.mx/Actas_2010/PDF/Inv7_JPbernal_InvitedTalk_Extenso_30Ag o2010.pdf

BILOTTA, María Cristina; MERODO, Purificación y GODOY ORTIZ, Aníbal. Exposición a la Contaminación con Plomo en Taller de Ensamble de Baterías. Cienc Trab. [online]. 2013, vol.15, n.48 [citado 2015-01-31], pp. 158-164 . Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492013000300009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-2449. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492013000300009>.

CALMET, Ricardo; BARROS, Sandra. 2009. Quelación natural. Alianza contra el envenenamiento con Plomo en el Perú [citado 2015-07-09], disponible en : <http://alertaplomo.org/alto-al-plomo/quelac%20quelaci%C3%B3n-natural>.

CARDENAS-BUSTAMANTE, Omayda et al. Correlation of zinc protoporphyrin with blood lead levels in car battery industry workers in Bogota, Colombia. *Salud pública Méx*[online]. 2001, vol.43, n.3 [citado 2015-09-02], pp. 203-210 . Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342001000300005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0036-3634.

CENTER for Disease Control and Prevention. Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention Report of the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. Enero del 2012. Disponible en : http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_030712.pdf

CERVANTES GALVES, César . Estudio de Avance de los Sectores en la Gestión de la Calidad del Aire, Compromisos y Propuestas de Acciones. 14 de Agosto del 2009. Ministerio del Ambiente. Lima (Perú).

COLIN Bird. "*Química Ambiental*". 2004.Editorial Reverté. España

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERU 1993.

CONSTITUCIÓN POLITICA DEL PERU 1979

CORDOBA P. DARÍO "*Toxicología*" 5ta Edición. 2008.Editorial El Manual Moderno. México.

DEVORE, Jay. L."*Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*".2005. 6ta Edición. International Thomson Editores. California. (EE. UU).

DOE RUN COMPANY. Estudio de Niveles de Plomo en la Sangre de la población en La Oroya 2000 - 2001. Pág. 16.

FERNANDEZ Ruiz, Ramón. Técnicas de Plasma - Masas (ICP - MS). 2004. [citado 2015-09-15], Disponible en : https://www.uam.es/personal_pas/txrf/icpms.html

GAVIRA Vallejo, Jose M^a ; HERNANZ Gismero, Antonio: "*Técnicas Fisicoquímicas en Medio Ambiente*", Editorial UNED, Colección Grado, 6101206GR01A01, Primera edición: noviembre de 2011, ISBN: 978-84-362-6389-3.

GUIA de Práctica Clínica Para el Manejo de Pacientes con Intoxicación por Plomo. RM 511-2007/MINSA. 15 de Junio del 2007. Ministerio de Salud. Perú

GONZÁLEZ Julia, ALFARO Gonzalo, ARRIAGADA María Paz, CASTILLO Carmen, MUÑOZ Verónica, ESPINA Juan Pablo y ARANDA Waldo. Exposición ocupacional a plomo y cadmio en personal de salud. v. 10, n. 3, p. p. 139-145, ene. 2006. ISSN 0719-5281. Disponible en: <<http://www.revistasaludpublica.uchile.cl/index.php/RCSP/article/view/2074/1919>>. Fecha de acceso: 05 jun. 2015 doi:10.5354/0719-5281.2006.2074.

GONZALES SUCH, J., M., B., & JORNET, J. "Introducción al SPSS". Grupo de Innovación educativa Universitat de Valencia. [citado 2015-08-02]. Disponible en: <http://www.uv.es/innovamide/spss>. Valencia, España, España.

HAEFLIGER, Pascal. "Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre", Organización Mundial de la Salud, 2013

HARRIS, Daniel C. "Análisis Químico Cuantitativo", 6ta Edición, 2007, Editorial Reverté S.A. Barcelona (España).

IBARRA FERNANDEZ DE LA VEGA, Enrique José; MUGICA CNTELAR, Jorge Pedro; GONZALES CHAMORRO, Rita María; JAIME NOVAS, Arelis; GRAVALOSA CRUZ, Ana Julia; CABRERA GUERRA, Caridad; GUEVARA ANDREU, María Elena. Valores de referencia de la concentración de plomo en sangre en la población en edad laboral de la ciudad de La Habana. *Rev cuba salud trabajo; ene.-jun.2007;8* [citado 2015-01-05], pp. 3-10 . Disponible en: <http://saudepublica.bvs.br/pesquisa/resource/pt/cum-38790>. Artigo em Espanhol | CUMED | ID: cum-38790.

LABANDA URBANO, Pablo Honorio y FERNANDEZ GARCIA, Carmen. Saturnismo: a propósito de un caso. *Med. segur. trab.* [online]. 2012, vol.58, n.227 [citado 2015-10-02], pp. 168-173 . Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2012000200009&lng=es&nrm=iso. ISSN 0465-546X. <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2012000200009>

LEVIN I., Richard, DAVID S. Rubin. "Estadística para administración y Economía", 7ma Edición, 2004, Editorial Pearson Educación, Mexico.

LEY General de Salud. Ley N° 26842. Publicada el 20 de Julio de 1997. Diario El Peruano.

MEJIA, Gustavo; MEDINA, Marco Tulio y PADILLA, Alex . Exposición Laboral a Plomo un Estudio de Casos y Controles en Honduras. *Rev. Med.Post. UNAH* (online). 2003, vol. 8, n. 1,2,3 (citado 2015-02-23) pp. 53-61. Disponible en <http://www.bvs.hn/RMP/pdf/2003/pdf/Vol8-123-2003-8.pdf>

MENENDEZ DIEZ, FAUSTINO; Fernández S. Florentino; Llana A. Francisco; Vásquez G. Ignacio, Rodríguez G. José; Espeso E. Minerva. "Formación superior en prevención de riesgos laborales", 4ta Edición, 2009, Editorial Lex Nova.

MORENO GRAU, María Dolores. "Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana", 2003, Madrid, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA

NAVA-RUIZ, Concepción; MENDEZ-ARMENTA, Marisela; Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) *Arch. Neurocienc (Mexico)*[online] 2011, vol16, n.3 [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2015], pp 140-147. Disponible en:<http://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>

OROZCO Barrenetxea; PEREZ Serrano, Antonio; GONZALES Delgado, Ma Nieves; RODRIGUEZ Vidal, Francisco; ALFAYATE Blanco, José Marcos. Contaminación Ambiental una visión desde la química. Ediciones Paraninfo S.A. 2011. Madrid España

PARSONS, Patrick J.; CHISOLM, J. Julián; The Lead Laboratory. Centers for Disease Control and Prevention. 1997. [citado 2015-09-03]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/1997/pdf/c1.pdf>

PLAN Nacional de Participación Social y Compromiso Multisectorial para Fortalecer la gestión Ambiental y Reducir la Morbi-Mortalidad relacionada a la Contaminación por Plomo y Otros Metales Pesados. Perú 2005-2014. Ministerio de Salud

POMA, Pedro A. Intoxicación por plomo en humanos. An. Fac. med. [online]. 2008, vol.69, n.2 [citado 2015-02-03], pp. 120-126 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1025-5583.

RAMIREZ, Augusto. Exposición a Plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías. An. Fac. Med. [online] 2008, vol 69, n.2 [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2015], pp 104-107. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a07v69n2.pdf>

RAMIREZ, Augusto V.. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo Anales de la Facultad de Medicina [en línea] 2005, 66 () : [Fecha de consulta: 2 de marzo de 2015] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37966109>> ISSN 1025-5583

RAMOS, Willy ; MUNIVE, Leopoldo; ALFARO, Milena; CALDERON, Martha; GONZALES, Isidro; NUÑES, YESENIA; Intoxicación plúmbica crónica: Una revisión de la problemática ambiental en el Perú. Rev. perú. med. epidemiología [online]. 2009 vol.13, n.2 4 [citado 2015-2-25]. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/epidemiologia/v13_n2/pdf/a02v13n2.pdf>.

SEVILLA MARCOS, José María; SEVILLA RIBAS, José. "Prevención de Riesgos Laborales." 2003. Universitat de les Illes Balears. España. Citado: 09 de Febrero del 2015. Disponible en: <http://www.uib.cat/depart/dqu/dquo/dquo2/MasterSL/ASIG/PDF.old/222CON~2.PDF>

SUARDÍAZ, Jorgue; CRUZ, Celso; COLINA, Ariel;" Laboratorio Clínico", Editorial Ciencias Médicas, La Habana, 2004.

TALAVERA NUNEZ, Maria Elena y GUILLEN ZEVALLOS, Maria Ofelia. Evaluación de metales pesados en el tóner usado en fotocopiadoras. Su relación con los trabajadores y medidas de mitigación. Rev. Soc. Quím. Perú [online]. 2010, vol.76, n.2 [citado 2015-02-20], pp. 179-186 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

TAPIA MANRIQUE, Edgar; ACARO FIDEL Ernesto. Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de Trabajadores del cercado de Ica. *Ágora Rev. Cient.* 2014 01(01): 20-25 3 [citado 2015-10-01], pp. 20-25 . Disponible en: <http://www.revistaagora.com/index.php/cieUMA/article/view/12>

UNIVERSIDAD Complutense de Madrid. (s.f.). "*Análisis de varianza de un factor: el procedimiento ANOVA de un factor*". citado el 23 de julio de 2015, Disponible en: http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materiales/analisis_datosyMultivariable/14anova1_SPSS.pdf

VALDIVIA Infantas, Melinda M.; Intoxicación por plomo. *Rev. Soc. Per. Med. Inter.* [online]. 2005, vol.18, n.1 [citado 2015-02-20], pp. 22 - 27. Disponible en:http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf

WALPOLE , Ronald E.; MYERS, Raymond H., & MYERS, Sharon L. "*Probabilidad y Estadística para Ingenieros*", 6ta Edición, 1999, Mexico, Prentice-Hall Hispanoamericana.

WOLF, Ruth E. Introduction to ICP-MS. USGS, Science for a Changing World. [citado 2015-07-27]. Disponible en <http://crystal.usgs.gov/laboratories/icpms/intro.html>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. International agency for research on cancer , Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. [citado 2015-09-10], Disponible en: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php

YUCRA, Sandra; GASCO, Manuel; RUBIO, Julio y GONZALES, Gustavo F.. Exposición ocupacional a plomo y pesticidas órganofosforados: efecto sobre la salud reproductiva masculina. *Rev. Perú. med. exp. salud pública* [online]. 2008, vol.25, n.4 [citado 2015-03-02], pp. 394-402 . Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1726-4634.

GLOSARIO DE TERMINOS.

Analito: Es el componente, puede ser elemento, compuesto o ión, que sea de interés analítico de una muestra.

Contaminación Industrial: Llamada también Toxicología Industrial, estudia los efectos que ejercen las sustancias empleadas en los procesos industriales sobre el individuo expuesto dentro de la actividad laboral.

Coproporfirinas: Cada una de las sustancias nitrogenadas orgánicas excretadas normalmente en las heces, que son productos de la degradación de la bilirrubina a partir de la descomposición de la hemoglobina

Higiene Industrial: Es el conjunto de técnicas no médicas de prevención de las enfermedades profesionales, que actúa sobre los ambientes y las condiciones de trabajo.

Homocedasticidad: Estadística. La varianza de los errores es constante. Es decir, es cuando el error cometido por el modelo matemático tiene siempre la misma varianza

Kevlar. El Kevlar es una poliamida sintetizada que consiste en largas cadenas de poliparafenileno tereftalamida, molécula que soporta altas temperaturas con la que se puede construir equipos ligeros y resistentes, cinco veces más fuerte que el acero, y a los que no les afecta la corrosión.

Límites Máximos Permisibles.(LMP ó TLV): Es aquella concentración o cantidad de un factor de riesgo que puede estar presente en un ambiente de trabajo sin que se produzca daño a quienes se exponen a esa cantidad de riesgo durante la jornada de trabajo.

Metáfisis: Es la zona intermedia de los huesos largos que está situada entre la zona central que se llama diáfisis y los extremos o epífisis

Neuritis óptica: Se llama neuritis óptica a la inflamación del nervio óptico que puede originar pérdida de visión parcial o completa, aunque en muchas ocasiones la capacidad visual se recupera.

Peligro.- Fuente o situación con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, al medio ambiente o una mezcla de todos.

Prevenir. Conocer de antemano un daño o perjuicio y tomar las medidas necesarias.

Protoporfirina zinc eritrocitaria: ZPP Es una prueba de laboratorio, de sangre que mide la cantidad de protoporfirina, ya que la ZPP se encuentra normalmente en pequeñas cantidades en los hematíes o eritrocitos y aumenta cuando una persona presenta una intoxicación por plomo o una deficiencia de hierro.

Plumbemia: (Del latín plumbum, plomo, y del griego haima, sangre.) Presencia de plomo en la sangre. Intoxicación causada por la inhalación o ingesta de plomo.

Quelante: Producto químico que tiene la propiedad de combinarse con los iones metálicos positivos bivalentes y trivalentes, formando complejos estables, desprovistos de toxicidad y eliminables a través de la orina.

Saturnismo: Enfermedad crónica producida por la intoxicación ocasionada por las sales de plomo.

Toxicidad: Es la capacidad inherente a una sustancia de producir un efecto nocivo en el organismo.

Toxicocinética: Estudia los campos que ocurren a través del tiempo en la absorción, distribución metabolismo y excreción de un tóxico cuando ingresa a un organismo.

Xenobiótico: Es todo compuesto que no forme parte de la composición de los organismos vivos.

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. OFICIOS RELACIONADOS CON EXPOSICIÓN A AGENTES QUIMICOS EN FUNDIDORES, GALVANIZADORES Y SOLDADORES.....	25
TABLA 2. OFICIOS RELACIONADOS CON EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS EN PERSONAL DE TRANSPORTE	26
TABLA 3. CLINICA DE LA INTOXICACIÓN POR PLOMO	40
TABLA 4. AREAS DE TRABAJO.....	61
TABLA 5. CONCENTRACIÓN DE PLOMO CLASIFICADOS POR AÑO	62
TABLA 6. FRECUENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO PARA EL AÑO 2012	64
TABLA 7. ESTADISTICOS DE LA CONCENTRACION DE PLOMO	65
TABLA 8. DESCRIPTIVOS	68
TABLA 9. RANGOS DE KRUSKAL WALLIS	71
TABLA 10. ESTADISTICOS DE CONTRASTE (a,b)	71
TABLA 11. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE AÑO 2013.....	74
TABLA 12. ESTADISTICOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO PARA EL AÑO 2013	75
TABLA 13. RANGOS DE PRUEBAS DE KRUSKAL WALLIS	79
TABLA 14. ESTADISTICOS DE CONTRASTE (a,b).....	79
TABLA 15. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE AÑO 2014	83

TABLA 16. ESTADISTICOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO PARA EL AÑO 2014	84
TABLA 17. ESTADITICOS DESCRIPTIVOS USANDO KRUSKAL WALLIS.....	88
TABLA 18. RANGOS DE PRUEBAS DE KRUSKAL WALLIS	89
TABLA 19. ESTADISTICOS DE CONTRASTE (a,b).....	89

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1. ESPECTROMETRO DE ABSORCION ATOMICA.....	52
GRAFICO 2. ESPECTROMETRO DE MASAS DE PLOMO	54
GRAFICO 3. COMPONENTE DE UN ESPECTROMETRO DE MASAS.....	55
GRAFICO 4. PARTES DE UN ESPECTROMETRO DE MASAS (ICP-MS).....	57
GRAFICO 5. PRUEBA DE LABORATORIO USANDO UN ESPECTROMETRO DEMASAS.....	59
GRAFICO 6. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL SEGUN AREAS DETRABAJO	61
GRAFICO 7. HISTOGRAMA DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO 2012	66
GRAFICO 8. MEDIAS DE CONCENTRACION AÑO 2012	69
GRAFICO 9. CONCENTRACION DE PLOMO EN SANGRE AÑO 2012	73
GRAFICO 10. HISTOGRAMA DE LA CONCENTRACION DE PLOMO PARA EL AÑO 2013	76
GRAFICO 11. MEDIAS DE CONCENTRACIÓN PARA EL AÑO 2013	77
GRAFICO 12. DIAGRAMA DE CAJAS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE PARA EL AÑO 2013.....	81
GRAFICO 13. HISTOGRAMA DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO PARA EL AÑO 2014	85
GRAFICO 14. MEDIAS DE CONCENTRACIÓN PARA EL AÑO 2014	86
GRAFICO 15. DIAGRAMA DE CAJAS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SANGRE PARA EL AÑO 2014	91

ANEXO 1

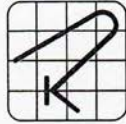
IONIZACION DEL ARGON.

Es decir el Ar es una fuente de ionización eficiente. Esto lo podemos apreciar en la tabla siguiente, donde se muestran las energías de ionización de algunos elementos incluido el Ar.

<i>Z</i>	<i>Elemento</i>	<i>E-I</i> (eV)	<i>E-II</i> (eV)	<i>Observaciones</i>
18	Ar	15.76	27.62	Gas Plasmógeno limita la energía máxima de los iones presentes a 15.75 eV
47	Ag	7.57	21.48	Excitado como Ag+
13	Al	5.98	18.82	Excitado como Al+
56	Ba	5.21	10.00	Excitado como Ba+ y Ba++. Dobles cargas.
27	Co	7.86	17.05	Excitado como Co+
58	Ce	5.6	12.3	Excitado como Ce+ y Ce++. Dobles cargas
9	F	17.42	34.98	No se excita. Indetectable por ICP-MS
14	Si	8.15	16.34	Excitado como Si+
10	Ne	21.56	41.07	No se excita. Indetectable por ICP-MS

Fuente: La técnica de plasma-masas (ICP-MS). Dr. Fernández Ruíz, Ramón

ANEXO 2



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

64

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez de la Torre


ELGUERA QUISPE LUIS ANTONIO

26 jun 2014

01-2589291

14463

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PLOMO, SANGRE TOTAL	(muestra enviada) 5.7	<p>Nuevo Método: ICP-MS (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo). Es el método de referencia a nivel mundial</p> <p>El rango referencial según ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales) es de un BEI (Índice de Exposición Biológica) menor de 30 µg/dL.</p> <p>Los rangos según la OMS son:</p> <p>NIÑOS (< 15 años)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Exposición no significativa: < 10.0 -Repetir para confirmar en 1-3 meses: 10.0-14.9 -Repetir para confirmar en 1-2 meses: 15.0-19.9 -Repetir para confirmar en 1 semana y considerar terapia de quelación: 20.0-44.9 -Repetir para confirmar en dos días e iniciar terapia de quelación: 45.0-69.9 -Emergencia médica, hospitalización: 70.0 o más <p>ADOLESCENTES/ADULTOS (>= 15 años)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Exposición no significativa: < 9.9 -Minimizar exposición: 10.0-29.9 -Retirar paciente de la exposición al plomo: 30.0-49.9 -Retirar de exposición al plomo + evaluación médica + considerar terapia: 50.0-79.9 -Iniciar terapia de quelación: 80.0 o más 	µg/dL


 Manuel Leiva Beraún
 CMP: 13739 RNE: 5702
 Patólogo Clínico