

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE MEDICINA
CARRERA DE BIOQUÍMICA CLÍNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIOQUÍMICA CLÍNICA**

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN
TRABAJADORES DE UNA FÁBRICA DE PINTURAS EN LA
CIUDAD DE QUITO, POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO**

KATHERINE PAOLA MORENO CABRERA

Directora: Máster. Gabriela Cueva T


QUITO, 2016

DECLARACION Y AUTORIZACION

Yo, KATHERINE PAOLA MORENO CABRERA, C.I. 1725457475, autora del trabajo de graduación intitulado: “DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN TRABAJADORES DE UNA FÁBRICA DE PINTURAS EN LA CIUDAD DE QUITO, POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO” previa a la obtención del grado académico de BIOQUIMICA CLINICA en la Facultad de Medicina:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.



KATHERINE PAOLA MORENO CABRERA,

C.I. 1725457475

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Eugenia Cabrera y Roberto Moreno, quienes día a día me han dado su amor y paciencia para ser una mejor persona.

A mi hermana, Fernanda, quien ha estado en los buenos y malos momentos apoyándome, más que una hermana mi mejor amiga. Siempre estaré a tu lado, te quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le doy gracias a Dios, quien me ha dado la fortaleza para seguir con mi objetivo y levantarme las veces que he caído.

A mis padres, por haberme brindado la mejor educación, por su apoyo moral y económico que han sido de gran ayuda para culminar mis estudios.

A mi tutora de tesis, Máster Gabriela Cueva, quien gracias a su dedicación, conocimientos y colaboración ha contribuido a la finalización de este trabajo.

Gracias a mis amigos y personas especiales quienes han estado siempre a mi lado.

Un agradecimiento especial al laboratorio FICAYA, principalmente al Bioquímico José Luis Moreno, quien me ha brindado su ayuda en este trabajo de disertación.

Mi gratitud a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en especial a la Escuela de Bioanálisis y sus docentes quienes me han proporcionado los mejores conocimientos para mi formación como estudiante y persona.

A toda mi familia muchas gracias por su apoyo.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
TABLA DE CONTENIDOS.....	V
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	X
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
INDICE DE ABREVIATURAS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	3
1.1 JUSTIFICACIÓN	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.4 LIMITACIONES.....	8
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	10
2.1 ANTECEDENTES	10
2.2 CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS	13
2.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN	14
2.4 GENERALIDADES DEL PLOMO	15
2.4.1 TOXICOCINÉTICA.....	17
2.4.2 FISIOPATOLOGÍA	19
2.4.3 DIAGNÓSTICO DE INTOXICACIÓN POR PLOMO	20

2.4.4	MÉTODOS PARA DETECCIÓN DE PLOMO SANGUÍNEO.....	21
2.5	ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO	22
2.6	MARCO CONCEPTUAL	23
2.7	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	25
CAPÍTULO III	28
MARCO METODOLÓGICO.....		28
3.1	TIPO DE ESTUDIO.....	28
3.2	TIPO DE MUESTREO.....	28
3.3	TAMAÑO DE LA MUESTRA	28
	Criterios de inclusión:.....	29
	Criterios de exclusión:.....	29
3.4	CONTROL DE CALIDAD	29
3.5	EQUIPOS Y MATERIALES.....	29
3.6	REACTIVOS	30
3.7	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	30
3.7.1	Fase uno. Administrativo.....	30
3.7.2	Fase dos. Recopilación de información.....	30
3.7.3	Fase tres. Toma de muestra sanguínea.....	31
3.7.4	Fase cuatro. Análisis químico	31
3.7.5	Fase cinco. Análisis de datos.....	33
3.8	PROCEDIMIENTOS.....	33
CAPÍTULO IV	34
RESULTADOS		34
4.2	DISCUSIÓN	53
4.3	CONCLUSIONES.....	56
4.4	RECOMENDACIONES	58
4.5	BIBLIOGRAFIA	60
4.6	ANEXOS	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades del plomo	16
Tabla 2 Operacionalización de variables	26
Tabla 3 Condiciones del equipo para análisis de plomo en sangre	32
Tabla 4 Parámetros de control de calidad del Equipo de AA	32
Tabla 5 Análisis descriptivo de concentraciones de plomo	41
Tabla 6 Pruebas de normalidad.....	41
Tabla 7 Rangos de edad	44
Tabla 8 Estadísticos de prueba	44
Tabla 9 Niveles de plomo de acuerdo al género	44
Tabla 10 Estadísticos de prueba	45
Tabla 11 Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo al área de trabajo.....	45
Tabla 12 Estadísticos de prueba	45
Tabla 13 Relación de nivel de plomo sanguíneo y hábito tabáquico	46
Tabla 14 Estadísticos de prueba	46
Tabla 15 Relación entre nivel de plomo en sangre y posesión de auto.....	47
Tabla 16 Estadísticos de prueba	47
Tabla 17 Relación entre los niveles de plomo en sangre y el abastecimiento de combustible	47
Tabla 18 Estadísticos de prueba	48
Tabla 19 Relación entre niveles de plomo en sangre y presencia o ausencia de sintomatología	48
Tabla 20 Estadísticos de prueba	49
Tabla 21 Relación de los niveles de plomo en sangre con la ingesta de suplementos, alimentos o medicación con Fe o Ca	49
Tabla 22 Estadísticos de prueba	49
Tabla 23 Relación de niveles de plomo en sangre con las horas de jornada laboral	50
Tabla 24 Estadísticos de prueba	50
Tabla 25 Relación entre el nivel de plomo en sangre y los años de trabajo en fábrica.....	51

Tabla 26 Estadísticos de prueba	51
Tabla 27 Relación entre los niveles de plomo en sangre y el uso de equipos de protección	51
Tabla 28 Estadísticos de prueba	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo metabólico del plomo en el cuerpo humano	18
Figura 2 Esquema del espectrofotómetro de absorción atómica.....	23

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1 Porcentajes de edad.	34
Gráfico 2 Porcentaje de género en los trabajadores de la fábrica	35
Gráfico 3 Porcentaje de personas por área de trabajo	35
Gráfico 4 Porcentaje de individuos con hábito tabáquico	36
Gráfico 5 Posesión de auto	36
Gráfico 6 Abastecimiento de combustible.....	37
Gráfico 7 Presencia de anemia	37
Gráfico 8 Presencia de sintomatología	38
Gráfico 9 Ingesta de Suplementos, alimentos o medicación con hierro (Fe) o calcio (Ca)	38
Gráfico 10 Jornada de trabajo al día	39
Gráfico 11 Años de trabajo dentro de la fábrica de pinturas.....	39
Gráfico 12 Equipos de protección.....	40
Gráfico 13 Distribución de datos.....	42

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografías 1 y 2 Lectura y autorización de consentimientos informados	80
Fotografía 3 Toma de muestras sanguíneas en la fábrica.	80
Fotografías 4 y 5 Instalaciones de la fábrica de pinturas.....	81
Fotografías 6 y 7 Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito. 81	
Fotografías 8 y 9 Reactivos y soluciones utilizadas para el procedimiento.	82
Fotografías 10 y 11 Trasvase de muestras en copas plásticas y correspondiente rotulación.....	83
Fotografías 12 y 13 Colocación de muestras en equipo.....	83
Fotografías 14 y 15 Procesamiento de muestras en espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito.	84
Fotografía 16 Software WinLab 32	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Consentimiento informado.....	67
Anexo 2 Carta de Autorización	69
Anexo 3 Encuesta para trabajadores de la fábrica de pinturas	71
Anexo 4 Configuración del equipo para el Análisis de Plomo en Sangre total	73
Anexo 5 Certificado de material de referencia.....	74
Anexo 6 Certificado de calidad de pipeta volumétrica	75
Anexo 7 Certificado de estándar de plomo.....	76
Anexo 8 Curva de calibración.....	78
Anexo 9 Resultados de análisis.....	79

INDICE DE ABREVIATURAS

- **ADN:** Ácido Desoxirribonucleico
- **ATSDR:** Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
- **Ca:** Calcio
- **EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético
- **EPA-EUA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
- **FAE:** Fuerza Aérea Ecuatoriana
- **Fe:** Hierro
- **HNO₃:** Ácido Nítrico
- **IPPC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
- **Kg:** Kilogramos
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud
- **OPS:** Organización Panamericana de la Salud
- **OSHA:** Occupational Safety and Health Administration
- **Pb:** Plomo
- **PEL:** Límite de Exposición Permisible
- **ppm:** partes por millón
- **TEP:** Tetraetileno de plomo

RESUMEN

El plomo es un metal pesado, que no posee ningún papel fisiológico en el cuerpo humano y por lo tanto el valor encontrado en el organismo, sobre todo en sangre debe ser cero, sin embargo, debido a la contaminación existente en la atmósfera por el desarrollo industrial y los desechos generados por éstas, la presencia del plomo en el ser humano empezó a incrementarse. El uso del plomo en productos de uso común como pinturas, baterías de los autos y gasolina produce una importante variación del nivel de plomo en el medio ambiente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define como nivel tóxico de plomo en el organismo aquellas concentraciones superiores a 15 $\mu\text{g/dL}$, afectando al sistema hematológico, neurológico, renal, gastrointestinal, óseo, entre otros, causando deterioro en la salud que incluye deficiente desarrollo cerebral y problemas de comportamiento.

En niños, la contaminación por plomo es muy frecuente y de gran peligro, debido a que por su curiosidad innata se llevan varios objetos a la boca, entre ellos juguetes cubiertos con pintura, pequeñas cortezas de pintura desprendida de las paredes o de los juguetes en sí. Por su parte las personas adultas se ven afectadas por la exposición al medio ambiente, el smog, cigarrillo, solventes y en algunos casos esta exposición es mayor en su jornada laboral dependiendo la naturaleza de su trabajo.

En el presente trabajo de investigación se realizó la determinación de plomo en sangre por medio de un método de absorción atómica en trabajadores de una fábrica de pinturas de la ciudad de Quito-Ecuador, en la cual se tomaron muestras de sangre a los trabajadores vinculados directa e indirectamente en la elaboración de pinturas. Posteriormente estas muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos FICAYA, de la ciudad de Ibarra-Imbabura, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Todos los procesos fueron realizados bajo normas de bioética (con el debido consentimiento informado para toma de muestras) y normas de seguridad y calidad.

Luego de la cuantificación de los niveles de plomo en sangre, se realizó el análisis estadístico para las variables en estudio y la comparación con los niveles de plomo en sangre permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En todas las muestras realizadas en este estudio se encontró que la cantidad reportada de plomo en sangre es menor a la establecida por la OMS (15 µg/dL) para considerarse como intoxicación por plomo. La concentración obtenida de este metal pesado tuvo una media aritmética de 0.132 µg/dL, y un valor máximo de 1.3 µg/dL, lo cual indica que los individuos no presentan una intoxicación por este elemento químico. Sin embargo, se deben preservar y mejorar las normas de seguridad y uso de equipos de protección industrial en la elaboración de pinturas con el fin de evitar posibles incrementos en la concentración y presencia de este metal pesado.

Palabras clave:

Plomo, intoxicación, pinturas, trabajadores.

ABSTRACT

Lead is a heavy metal that has no physiological role in the human body and therefore the value found in the body, especially in blood must be zero, however, due to contamination in the atmosphere for development industrial and waste generated by them, the presence of lead in humans began to increase. The use of lead in products in common use as paints, car batteries and gasoline produces a significant variation in the level of lead in the environment. The World Health Organization (WHO) defines as toxic level of lead in the body those higher concentrations of 15 µg/dL affecting hematological, neurological, renal, gastrointestinal, skeletal system, among others, causing deterioration in health that includes deficient brain development and behavior problems.

In children, lead poisoning is very common and very dangerous, because their innate curiosity, they carry multiple objects to their mouths, including toys covered with paint, small bark peeling paint on the walls or toys. Meanwhile adults are affected by exposure to the environment, smog, cigarette, solvents and in some cases this exposure is higher in their working hours depending on the nature of their work.

In the present investigation, the determination of lead in blood was performed by an atomic absorption method in workers at a paint factory in the city of Quito-Ecuador, where blood samples were taken at workers tied directly and indirectly in the manufacture of paints. Subsequently, these samples were processed at the Laboratory of Physical Analysis, Chemical and Microbiological FICAYA, city of Ibarra-Imbabura, by the method of atomic absorption spectrophotometry with graphite furnace. All the processes were performed under standards of bioethics (with the proper informed consent for sample collection) and safety and quality.

After quantifying the blood lead level, statistical analysis for the study variables and comparison with blood lead level permitted by the World Health Organization (WHO) was performed.

In all samples performed in this study we found that the amount reported of lead in blood is less than the established by WHO (15 µg/dL) to be considered as lead poisoning. The concentration of this heavy metal had an arithmetic mean of 0.132 µg/dL, and a maximum value of 1.3 µg/dL, indicating that individuals do not present poisoning for this chemical. However, they should preserve and improve safety standards and use of industrial protection equipment in the manufacture of paints to prevent possible increases in concentration and presence of this heavy metal.

Keywords:

Lead, poisoning, paints, workers.

INTRODUCCIÓN

Se denominan metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen en su forma elemental una densidad igual o superior a 5 g/mL. Otras definiciones toman relación al número atómico, que debe ser superior a 20 (Hernández, 2011). Estos elementos son utilizados en varios procesos de producción industrial relacionados directamente con el consumo y el diario vivir, sin embargo solo unos pocos son necesarios en cantidades mínimas para funciones orgánicas del ser humano y se los denomina oligoelementos o micronutrientes, como el cobre, manganeso, zinc, entre otros. Existen otros metales como el plomo, mercurio, cadmio, que no poseen actividad biológica conocida y se los define como “tóxicos” ya que su presencia y acumulación progresiva genera afecciones a la salud y al ambiente (Hernández, 2011).

Las principales fuentes de los metales pesados tóxicos son múltiples, tanto de origen natural en suelos como de fuentes antropogénicas (generadas por el ser humano) siendo estas las actividades agrícolas, mineras y procesos industriales y domésticos, de manera que la exposición a estos metales se da en forma permanente y continua (Riquelme, 2015). Específicamente el plomo se encuentra en cañerías fabricadas para el transporte de agua potable, pinturas para construcciones, juguetes, cosméticos, humo de cigarrillo, fabricación de baterías, industrias de plástico, vidrio, cerámica y cristal (Rodríguez & Espinal, 2008).

La principal desventaja de los metales pesados es que no son biodegradables, y en la mayoría de las ciudades las concentraciones de estos metales son elevadas como consecuencia de la acumulación en los suelos, agua y aire a lo largo de los años de emisiones sin control (Molina, Rondón, & et.al, 2007).

En el caso del plomo, la intoxicación por este metal constituye un gran problema de salud a nivel mundial, siendo las poblaciones más afectadas y vulnerables los niños, las personas de condiciones socioeconómicas bajas y trabajadores de diferentes industrias en las que se utilizan materias primas con este metal (Ascione, 2001).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define como intoxicación por plomo a los valores superiores a 15 $\mu\text{g/dL}$; por su parte, el Centro de Control de Enfermedades (CDC -Center of Disease Control) de los Estados Unidos define como plumbemia a aquellos valores iguales o superiores a 10 $\mu\text{g/dL}$. Las vías de exposición al plomo más importantes son la respiratoria y la digestiva.

La vida media del plomo en sangre es de 30 días; una parte del plomo que ingresa en el organismo es absorbido y distribuido a diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano, otra parte es excretada principalmente por la orina y heces. Aquella que ingresa puede alojarse en diferentes órganos por minutos o días hasta llegar a los huesos donde su permanencia es definitiva, aquí existe un estado de equilibrio de más del 90% de plomo absorbido (Rivas M. , 2011).

En cuanto a los efectos en la salud, el exceso de plomo en sangre también conocido como saturnismo, es más grave a nivel neurológico causando problemas irreversibles, principalmente en niños afectando el desarrollo del cerebro (Rivas M. , 2011). Mientras menor sea la edad que posee la persona es más propenso el intestino a absorber mayor cantidad de plomo, de 5 a 10 veces aproximadamente, especialmente cuando el estómago se encuentra vacío (Poma, 2008).

El principal objetivo de este estudio fue conocer los niveles de plomo que poseen los trabajadores de una industria de pinturas mediante el método establecido para la detección de metales pesados conocido como espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, siendo el más sensible de los métodos utilizados.

CAPITULO I

1.1 JUSTIFICACIÓN

El plomo es un metal pesado, muy estable, que se encuentra presente de forma natural en cantidades bajas en la corteza terrestre (aproximadamente 8 partes por millón - ppm). Si bien este metal no tiene importancia bioquímica para el organismo humano, puede acumularse en determinados órganos de las personas expuestas al mismo. Su baja temperatura de fusión provoca que este metal sea fácilmente volatilizado al ambiente, causando intoxicaciones para el medio ambiente, animales y seres humanos.

Uno de los usos más frecuentes es en la fabricación de pinturas para incrementar la intensidad del color y años atrás, antes de 1999, se empleaba como aditivo en la gasolina (OPS, 2013).

En Estados Unidos y otros países, hasta el año 1978 se utilizaron pinturas con plomo tanto en los exteriores como en los interiores de las viviendas. A partir del año de 1979, específicamente en Estados Unidos las regulaciones federales impidieron que se emplee este tipo de pinturas (University, 2012). Sin embargo, en otros países se sigue utilizando plomo en la fabricación de pinturas, por lo que tanto la pintura elaborada como los residuos que se generan por raspado o lijado de las paredes que contienen estas pinturas con plomo continúan siendo una fuente de exposición y contaminación, debido a que ingresan al sistema respiratorio de las personas expuestas. Además, el consumo de agua potable transportada por cañerías elaboradas con este metal es un factor importante para el ingreso del plomo hacia el organismo.

La OMS ha calculado que el plomo es el origen del 0,6% de morbilidad mundial y que anualmente causa aproximadamente 600 000 nuevos casos de niños con discapacidad intelectual. De la misma forma esta organización categoriza al plomo como uno de los diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública (OMS, 2015).

En el país existen trabajos de evaluación de la contaminación producida por el plomo, realizados en el medio ambiente, como en suelo (Tello, 2015), en aguas superficiales y organismos acuáticos como el ostión de mangle (Jiménez, 2012), en personal naval de mantenimiento que labora en áreas de riesgo (Cordero, 2014) y personal de la FAE que manipulan combustible (García, 2015), sin embargo la exposición y contaminación con plomo por vía respiratoria en el uso como aditivo en las pinturas no ha sido estudiado.

En el Ecuador y de acuerdo con los lineamientos del Plan Nacional del Buen Vivir, se busca mejorar la calidad de vida de los ciudadanos mediante el cumplimiento de los planes de salud y seguridad ocupacional en las diferentes empresas de la matriz productiva nacional (en su Objetivo 3) y del mejoramiento de las condiciones laborales, a fin de que sean saludables y seguras (en su Objetivo 9).

“Objetivo 3. Mejorar la calidad de vida. 3.8. Propiciar condiciones adecuadas para el acceso a un hábitat seguro e incluyente. e) Impulsar la implementación de planes de salud y seguridad ocupacional en las empresas públicas y privadas”. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – Senplades, 2013).

“Objetivo 9. Garantizar el trabajo digno en todas sus formas. 9.3. Profundizar el acceso a condiciones dignas para el trabajo, la reducción progresiva de la informalidad y garantizar el cumplimiento de los derechos laborales. Establecer mecanismos que aseguren entornos laborales accesibles y que ofrezcan condiciones saludables y seguras, que prevengan y minimicen los riesgos del trabajo”. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – Senplades, 2013).

En una empresa en la que se manipulen metales pesados como el plomo lo indicado en normativas internacionales es que el valor límite ambiental referido a una jornada laboral promedio (ocho horas diarias, 40 horas semanales) sea de 15 microgramos de plomo por metro cúbico de aire ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Carrera, 1980).

La realización de este estudio permitió establecer y cuantificar los niveles de plomo presentes en la sangre de los trabajadores de una fábrica de pinturas que tienen contacto directo con este material (trabajadores) o que están sometidos a una exposición indirecta (área administrativa) en su jornada laboral.

Este estudio beneficiará a los trabajadores de la fábrica permitiéndoles conocer si los materiales con los cuales trabajan o el medio en donde se desempeñan están libres de metales pesados contaminantes como el plomo y si el equipo de protección personal empleado es suficiente y es usado adecuadamente.

En cuanto al impacto en la salud, los datos obtenidos aportarán a los registros a nivel de país, referente a la intoxicación por plomo en este tipo de fábricas y podrán dar inicio a mayores estudios sobre riesgos y problemas sanitarios ocupacionales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El plomo es la primera causa de intoxicación ocupacional a nivel mundial. Las actividades laborales con mayor riesgo de intoxicación son: industria automotriz, fabricación de baterías, fabricación y uso de pinturas, trabajo con hierro (cerrajería), entre otras (Peña A, 2010).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA-EUA) indica que el polvo de plomo ocasiona un gran peligro para la salud; éste se forma al lijar, raspar o calentar la pintura que contiene plomo en su composición. El polvo de plomo acumulado se puede volver a mezclar con el aire cuando las personas barren, aspiran o caminan sobre él, e ingresa al cuerpo si las personas se llevan a la boca objetos o las manos cubiertas por polvo de este metal o lo ingieren accidentalmente especialmente durante renovaciones de las superficies pintadas (EPA, 2015).

La enfermedad provocada por la intoxicación con plomo se denomina saturnismo o plumbemia y se determina cuando en el examen de sangre se presenta una concentración de plomo de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ o más (Azcona-Cruz, Ramirez y Ayala, & Vicente-Flores, 2015). La exposición crónica al plomo puede producir además de anemia, trastornos neurológicos como temblores, ataxia, parálisis, convulsiones, cefalea, entre otros. Por otra parte, la exposición aguda produce hipertensión, daños hepáticos, renales y trastornos gastrointestinales como anorexia y vómitos (OMS, 2013).

La norma para plomo de la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) define que el Límite de Exposición Permisible (con sus siglas en inglés PEL) para el plomo en el lugar de trabajo es menor a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en aire; aquellos trabajadores expuestos a concentraciones mayores a las establecidas por más de 30 días al año deben realizarse exámenes de sangre para la detección de plomo, ya que se encuentran en posible riesgo de intoxicación. Si un trabajador presenta niveles de plomo en sangre mayores a 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ debe ser notificado a su superior y posteriormente debe ir a una revisión médica (ATSDR, 2007).

Algunos estudios indican que cargas de plomo elevadas están relacionadas con conductas delictivas, cambios de comportamiento, ataque a la propiedad, obstrucción a la justicia, fraude, violencia, entre otros. Otras consecuencias relevantes en hombres son los posibles daños en su aparato reproductor (ATSDR, 2014).

En Ecuador, la intoxicación por plomo es producida en su mayoría por el contacto con hidrocarburos, como la gasolina y durante la producción de baterías. Un estudio realizado en el año 2010 por la Dirección de Sanidad de la Armada (DIRSAN) en Guayaquil determinó que los miembros de la Escuela Naval presentaban niveles de plomo elevados, producido por la emanación de gasolina en las lanchas misileras de la Armada poniéndose de manifiesto la importancia del uso de equipos de protección con el fin de disminuir el contacto con plomo y evitar su inhalación (Albán & Díaz, 2011).

La Organización Mundial de la Salud dentro de sus acciones ha determinado que el plomo constituye uno de los diez productos químicos que ocasionan problemas de salud pública por lo que es considerada una obligación de los países proteger la salud de los trabajadores y mantener un estudio constante de los niveles de plomo que presentan niños, mujeres, hombres y trabajadores que están en contacto directo o indirecto con este metal (OMS, 2013).

Por estas razones se realizó este estudio en el cual se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué niveles de plomo en sangre presentan los trabajadores expuestos directamente e indirectamente en una fábrica de pinturas?

¿Varían las concentraciones de plomo en sangre de acuerdo al tiempo de exposición, área de trabajo y uso de equipo de protección en los trabajadores de una fábrica de pinturas?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la cantidad de plomo en trabajadores de una fábrica de pinturas en la ciudad de Quito de acuerdo al área de trabajo, mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, en el periodo agosto-septiembre 2015.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar la cantidad de plomo presente en sangre de los trabajadores de la fábrica de pinturas de acuerdo a la edad, género, área de trabajo, hábitos y condiciones de salud.
- Establecer la concentración de plumbemia en los trabajadores de acuerdo a la duración de la jornada laboral y el tiempo de trabajo en la fábrica de pinturas.
- Relacionar el uso de equipo de protección que utilizan los trabajadores con los niveles de plomo en sangre detectados por espectrometría de absorción atómica.

1.4 LIMITACIONES

Las limitaciones de este estudio son: la veracidad de la información proporcionada por los participantes en el estudio; el ambiente de recolección de las muestras, ya que la técnica a ser empleada indica que las muestras sanguíneas deben obtenerse en un medio libre de contaminantes externos (especialmente vapores de plomo) por lo que dentro de las instalaciones de la fábrica se utilizó la enfermería, siendo el lugar menos probable para la presencia del metal.

Se debe indicar que la cuantificación de plomo en sangre se realizó en un laboratorio externo que mantiene sus propios procedimientos tanto para calibración, medición y mantenimiento del equipo, de tal manera que la operación de este fue realizada por el personal técnico del laboratorio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES

Desde la prehistoria, el plomo ha sido utilizado por el hombre, liberando al medio ambiente aproximadamente 300 millones de toneladas de este metal pesado durante los últimos quinientos años por la explotación minera a nivel mundial. Uno de los factores sobresalientes para el incremento del plomo en el ambiente fue la introducción de la gasolina con plomo a inicios del siglo XX, lo cual provocó un incremento del consumo mundial de plomo en 5,6 millones de toneladas (Trasobares, 2010).

En la antigüedad, el plomo era utilizado para la fabricación de cosméticos y para la elaboración de adornos; los egipcios lo utilizaron para confeccionar zarcillos, amuletos, figuras de animales y humanos, platos, etc. Su toxicidad fue conocida gracias a ellos, quienes lo utilizaron también con fines homicidas como veneno (Aranguren, 2000).

Antes de la revolución industrial en el siglo XIX se menciona que la concentración natural de plomo en sangre en el ser humano, era de aproximadamente 0,016 µg/dL, lo que representa un nivel muy inferior a los 10 µg/dL propuesto para los niños por el Centro de Control y Prevención de enfermedades de Estados Unidos (CDC). En las primeras décadas del siglo XX se empezó a documentar sistemáticamente los peligros del plomo en pinturas en Australia, Reino Unido y Estados Unidos (Trasobares, 2010).

En 1982 un informe del Laboratorio de Higiene Industrial del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) indica la existencia de alrededor de 833 industrias en Ecuador, de las cuales los trabajadores de 545 empresas como imprentas, artesanías de cerámica, fabricación de productos metálicos (cañerías, baterías y

soldaduras), entre otros, soportaban una exposición al plomo; y el 53% de estas empresas se encontraban desprotegidas de instrumentos de protección (Ortega, 1982). En 1998, Fundación Natura mediante una investigación demostró la existencia de un retardo en la respuesta cerebral en niños de 7 años, lo que se relacionó con el nivel de plomo sanguíneo proveniente de la combustión de gasolina con plomo (Oviedo, 1993).

En el año 2006 un estudio realizado en la parroquia Victoria, al norte del cantón Pujilí, Cotopaxi, indica que el 54% de niños de esta parroquia murieron a causa de intoxicación por plomo, debido al trabajo que se realizaba al dar brillo a las tejas y objetos artesanales con el plomo de pilas y baterías viejas (Bello, 2006).

En un estudio realizado en Quito en trabajadores que elaboraban acumuladores eléctricos tipo plomo ácido, es decir, en las baterías que usan placas de plomo como parte de su estructura, los resultados de laboratorio obtenidos en el análisis de sangre evidenció que del total de la población (87 personas) el 54% tuvo niveles normales de plomo, el 41.4% niveles medios y el 4.6% niveles altos (Cevallos, 2013).

Otro estudio elaborado dentro del país, específicamente en la ciudad de Cuenca en el año 2015, indica que en el Ecuador las gasolinas contenían plomo como agente detonante, causando grandes niveles de contaminación de tipo indirecto, por lo que desde el año de 1999 se prohibió el uso de plomo en este combustible (Tello, 2015). Mediante Acuerdo Ministerial No. 112 publicado en el Registro Oficial 308 el 30 de abril de 1998, se autorizó la producción y comercialización dentro del país de dos tipos de gasolinas: EXTRA de 80 octanos y SUPER de 89 octanos. Estos productos se comenzaron a elaborar en las refinerías de La Libertad, Esmeraldas, terminales de Pascuales y Beaterio, sin la adición de tetraetilo de plomo (Ministerio del Ambiente, 2006).

En Estados Unidos, entre 1976 y 1991, el nivel promedio de plomo en sangre de personas de 1 a 74 años se redujo en 78%. Entre 1978 y 1988 de igual manera se observó disminución en los niveles de plomo sanguíneo en Nueva Zelanda, Bélgica,

Suecia, Reino Unido, debido a los cambios realizados en la legislación del uso de plomo en estos países (Tong, 2000).

En Jamaica, se realizó una encuesta para determinar la distribución y los determinantes que ocasionaban niveles altos de plomo en el medio ambiente y en la sangre de los pobladores que vivían cerca de empresas de plomo convencionales y sitios de elaboración de artesanías, estableciéndose que los niños eran los más susceptibles y que no existía ningún control sobre estas empresas para evitar la propagación del plomo en el ambiente. En China, el envenenamiento por plomo principalmente en los niños puede ser resultado de la rápida industrialización y el uso de gasolina con plomo (Tong, 2000).

En Mérida-Venezuela, en el año 2007, realizaron un estudio en trabajadores de gasolineras, en el que tomaron muestras a un grupo expuesto y a un grupo control; las personas expuestas tuvieron un valor de plomo cinco veces superior al grupo control; en el artículo mencionan que en comparación con otro estudio del año 1997, el plomo disminuyó en este tipo de combustible en un 27%, sin embargo continúa siendo un problema de salud pública (Molina, Rondón, & et.al, 2007).

En el año 2005 el CDC estableció que existía evidencia de que concentraciones de plomo en sangre menores a 10µg/dL también se asociaban a efectos adversos en niños, tales como trastornos en la audición y lenguaje, déficit intelectual, comportamiento antisocial y déficit de atención. En otro estudio publicado en el 2007, en Baltimore se evidenció la relación del efecto del plomo en el cerebro de adultos mayores, encontrando que existían dificultades en las funciones cognitivas por la presencia de plomo acumulado (González, Trasobares, Cano, & Oliván, 2008).

2.2 CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

En el mundo existen 118 elementos que han sido reconocidos por el hombre, de los cuales 84 son metales; los metales pesados se encuentran de forma natural en la corteza terrestre, sin embargo, si su distribución en el ambiente se ve alterada por modificaciones o actividades humanas, estos se convertirán en contaminantes.

La contaminación por metales pesados además de causar serios problemas ambientales, provoca la degradación y posterior muerte de vegetación, animales, ríos y daños en la salud del ser humano (Planeta, 2010-2015). Entre los metales que representan mayor contaminación están el plomo, mercurio, berilio, bario, cadmio, manganeso, níquel, estaño, vanadio y zinc. Los mayores responsables de esta gran contaminación son las industrias: automovilística (con la fabricación de baterías), química, cosmética, de armamento, textil, de pinturas, de insecticidas agrícolas y la minera, las cuales vierten al ambiente varios de estos metales tóxicos a través de aguas residuales no tratadas que llegan a ríos y de esta manera al ambiente, contaminando el suelo y su posterior acumulación en plantas y tejidos orgánicos.

“Todos estos metales pesados se encuentran catalogados en la Directiva Europea 96/61/CE IPPC (Ley 16/2002) como sustancias contaminantes que deben tenerse obligatoriamente en consideración para fijar valores límites de emisiones” (Simón, 2008).

Los metales pesados se vuelven más peligrosos cuando estos no pueden ser degradados ni química ni biológicamente. La toxicidad a causa de estos metales ha sido documentada a lo largo de la historia, médicos romanos y griegos ya diagnosticaban síntomas causados por envenenamientos agudos por plomo, incluso antes de que la toxicología sea convertida en ciencia (Planeta, 2010-2015).

2.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El plomo en el medio ambiente puede provenir de fuentes naturales como el desgaste geológico, emisiones volcánicas y de industrias del plomo. Los niveles de plomo en el medio ambiente se han incrementado más de mil veces en los últimos tres siglos como resultado de la actividad humana. El mayor incremento se produjo entre los años 1950 y 2000 reflejando el gran empleo de la gasolina con plomo a nivel mundial (Trasobares, 2010).

En el año 2002 la Unión Europea prohibió la distribución de gasolina con plomo, con el objetivo de contribuir a disminuir agentes contaminantes como el azufre, plomo y tetraetilo de plomo (TEP) (Comercio, 2012).

Las principales fuentes de contaminación con respecto a actividades laborales con mayor riesgo son la fundición primaria (extracción del metal de varios minerales y explotación minera) y la secundaria (el reciclaje, como por ejemplo el realizado en baterías de automóviles), refinería del metal, metalurgia, fabricación de baterías, pinturas, plásticos, demolición de edificios, reparación de radiadores, materiales de soldadura, pigmentos, vidrieras, vajillas de cristal, esmaltes cerámicos, municiones, juguetes, productos cosméticos, joyería. De igual manera podemos encontrar plomo en agua potable canalizada a través de tuberías con plomo (OMS, 2015).

Las principales fuentes de emisión de plomo en Ecuador son: fundición de metales (placas de baterías y residuos de plomo), fabricación de pinturas, cerámica vidriada, industria de cómputo y electrónica, pilas, plásticos y cristal (Ministerio del Ambiente, 2006).

En el agua de mar la concentración de plomo está entre 0.003 y 0.20 mg/L, contribuyendo a la contaminación de peces. Por otra parte, en suelo de terrenos no cultivados se puede encontrar de 8 a 20 mg Pb/Kg y en terrenos cultivados existen cantidades por encima de 360 mg Pb/Kg (Gutiérrez, Hardisson, Lozano, Martín-Izquierdo, Revert, & Rubio, 2004).

Para los niños, especialmente, las principales fuentes de contaminación son la ambiental (gases producidos por la combustión de gasolina) y aquellos juguetes que hayan sido recubiertos con pinturas adicionadas con plomo (Peña A, 2010).

2.4 GENERALIDADES DEL PLOMO

El plomo es un metal pesado, de color gris azulado. Pertenece al grupo IV-B de la tabla periódica y se lo puede encontrar en su estado elemental o en sus dos estados de oxidación, Plomo (II) y Plomo (IV).

Ya sea en forma de óxido o carbonatos, el plomo forma parte de la materia particulada en la atmósfera, dependiendo de su densidad o tamaño se mantendrá suspendida en el aire y transportada por el viento a grandes distancias. En el suelo, en ambientes cercanos a carreteras se encuentran concentraciones elevadas de plomo debido a que es un metal fuertemente absorbido en suelos, sobretodo en arcillas, manganeso, óxidos de hierro y limos (Jiménez, 2012).

Cuando se funde a temperaturas próximas a los 500°C, el plomo emite vapores tóxicos, que al entrar en vías respiratorias alcanzan fácilmente los alveolos pulmonares (Peña A, 2010).

Algunas de sus propiedades químicas se detallan en la Tabla 1 (Ubillus, 2003).

Tabla 1*Propiedades del Plomo*

Propiedades químicas del plomo	
Símbolo químico	Pb
Número atómico	82
Peso atómico	207.21
Densidad	11.85
Solubilidad	Poco soluble en agua
Punto de fusión	326.9 °C
Punto de ebullición	1750 °C
Potencial de ionización	7.415eV
Configuración electrónica	4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Porcentaje de plomo en corteza terrestre	2x10 ⁻⁵ %
Concentración media de plomo en corteza terrestre	15 ppm

Autor: Katherine Moreno C.

Fuente: Ubillus (2003)

En las pinturas, se añaden compuestos de plomo en forma de pigmentos para asignar su correspondiente color. Estos compuestos, de igual manera pueden agregarse a las pinturas como agentes de secado y catalizadores en pinturas elaboradas a base de aceite (IPEN, 2010). El pigmento más utilizado es el blanco de plomo $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$; además del sulfato básico de plomo y los cromatos de plomo (González & Rojas, 2008).

A pesar de que hoy en día a nivel nacional e internacional se han eliminado de las pinturas los pigmentos con plomo, aún existen en el Ecuador algunas fábricas de pinturas que siguen utilizando este metal en su proceso, principalmente en Quito y Guayaquil (Ministerio del Ambiente, 2006).

Este metal pesado podría continuar presente en varias casas antiguas siendo una fuente altamente peligrosa e insospechada al inhalar las partículas de pintura vieja descascarada, al igual que cañerías fabricadas de este material, sobre todo si el

agua transportada tiene un pH ácido o se ha mantenido en reservorios por tiempos prolongados.

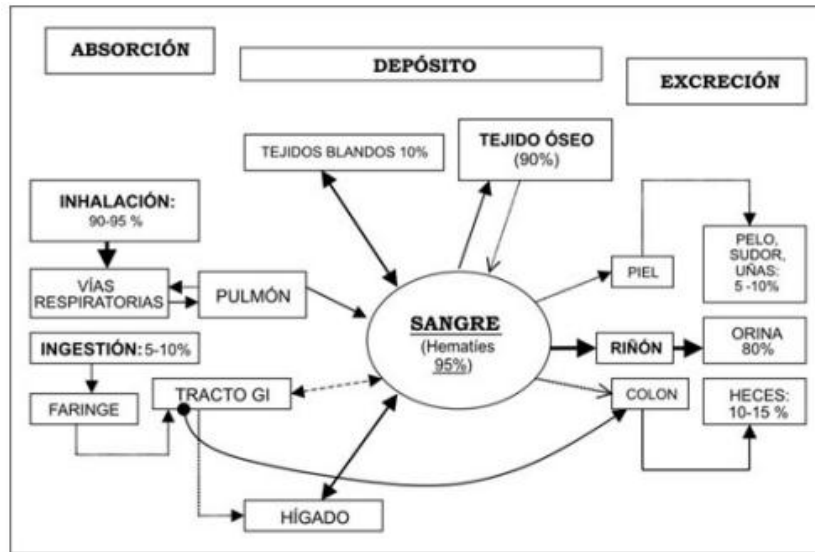
2.4.1 TOXICOCINÉTICA

Absorción: las vías de absorción del plomo son intestinal, respiratoria y dérmica; en el caso de las pinturas éste es absorbido principalmente por el tracto respiratorio aunque también por el sistema gastrointestinal; en los adultos con ocupación laboral la principal vía es la respiratoria (10-15%). En niños la absorción de plomo es aproximadamente del 50% (Peña A, 2010).

Distribución: una vez que se ha absorbido el plomo, éste irá a sangre, tejidos blandos y esqueleto; en la sangre el 99% de plomo se acumulará en los eritrocitos y apenas el 1% en plasma. Su movilización hacia el resto del cuerpo tarda entre cuatro a seis semanas. Este metal pesado puede atravesar la placenta y su captación comienza desde la semana doce de gestación (Plus, Medline, 2013).

El plomo acumulado en los huesos de personas ancianas puede ser una fuente de exposición endógena al movilizarse a la sangre cruzando la barrera hematoencefálica (González, Trasobares, Cano, & Oliván, 2008). Cuando existe exposición crónica, la mayor parte de plomo absorbido terminará en los huesos actuando como un depósito. Las principales vías de excreción son la gastrointestinal y la renal, este metal se caracteriza por excretarse lentamente del cuerpo humano, lo cual favorece para su acumulación, como se observa en la figura 1 (DIGESA, 2011).

Figura 1 Modelo metabólico del plomo en el cuerpo humano



Fuente: DIGESA, 2011

Signos y síntomas:

- Efectos neurológicos: mareos, fatiga, letargo, malestar, nerviosismo creciente, problemas de concentración, tendencia a olvidar cosas, debilidad, disminución en los valores de coeficiente intelectual, cambios de estados de ánimo, depresión, disminución del libido, dolor de cabeza.
- Efectos renales: daño de la función del túbulo contorneado proximal, que se manifestará en glucosuria, hiperfosfaturia, aminoaciduria; tensión tóxica en el riñón.
- Efectos hematológicos: el plomo inhibirá la habilidad que posee el cuerpo para la fabricación de hemoglobina interfiriendo con varios pasos enzimáticos de la ruta del grupo hemo, se produce anemia hemolítica, anemia hipocrómica, micro o normocítica asociada a reticulocitosis.
- Efectos endócrinos: problemas con el mantenimiento de homeostasis de calcio intracelular y extracelular, dificultad para desarrollar el crecimiento

celular, su maduración y desarrollo de dientes y huesos. El plomo no afecta en mayor proporción la función tiroidea.

- Efectos gastrointestinales: dolor abdominal que suele confundirse con apendicitis o abdomen agudo.
- Efectos cardiovasculares: hipertensión, en casos de exposición mayor puede haber mayor riesgo de padecer enfermedad cerebrovascular y enfermedad hipertensa coronaria (ATSDR, 2007).

2.4.2 FISIOPATOLOGÍA

Sistema nervioso: las afecciones más relevantes al sistema nervioso son: disminución de la formación de mielina, deterioro de la integridad de la barrera hematoencefálica, síntesis de colágeno y permeabilidad vascular, lo que favorece la presentación de edema cerebral. En los axones periféricos existe destrucción de las células de Schwann con desmielinización segmental y degeneración axonal, esto afectará a los nervios motores (Peña A, 2010).

Sistema renal: a nivel renal, se conoce que el plomo es causante de nefropatía, patología muy estudiada con respecto a la exposición industrial al plomo. Este metal induce estrés oxidativo, peroxidación lipídica, apoptosis y necrosis, con inhibición o pérdida de los transportadores de membrana, degeneración de ADN (Peña A, 2010).

Sistema hematopoyético: el plomo tiene varios efectos sobre este sistema, produciendo anemia, microcitos e hipocromía, además puede existir un aumento en los reticulocitos con punteado basófilo (Carpio, 2000). La anemia está dada porque el plomo reduce la vida del eritrocito, debido a la fragilidad que produce en la membrana, a través de la inhibición de la bomba de sodio y potasio ATPasa. De igual manera, existe inhibición de la alfa amino vulinato deshidratasa (ALA), lo que lleva a la disminución de la misma en el eritrocito y por lo tanto a una falla para

poder insertar el hierro en la protoporfirina, alterando la formación del grupo Hem (Peña A, 2010).

Sistema cardiovascular: la exposición crónica al plomo suele relacionarse con hipertensión, accidente cerebrovascular y enfermedad cardiovascular (Peña A, 2010).

2.4.3 DIAGNÓSTICO DE INTOXICACIÓN POR PLOMO

Para realizar un diagnóstico correcto se debe recurrir a cuatro parámetros importantes:

Fuente intoxicante: en el caso de las pinturas, puede ser profesional (pintores, obreros de fábricas de pinturas) o accidental, cuando contienen plomo con base de colorantes o como antióxido (cromato de plomo, óxido de plomo, hidrocarbonato de plomo) (Peña A, 2010).

Clínica toxicológica: se clasifica como paciente normal cuando posee hasta 40 μg de plomo por 100 gramos de sangre, de 40 a 80 μg pre-saturnismo o contaminación y más de 80 μg saturnismo (Peña A, 2010).

Criterios de absorción: es detectado en un análisis de orina o también en la sangre, y por la presencia de glóbulos rojos punteados. Se pueden realizar radiografías de huesos largos (en personas jóvenes) para observar si incrementa la densidad de metáfisis y diáfisis (Hurvitz, 2003).

Criterio clínico: abarca patologías relacionadas con la intoxicación por plomo como síndromes gastrointestinales, síndrome neuropsiquiátrico, síndrome hematológico y síndrome urinario (Peña A, 2010).

2.4.4 MÉTODOS PARA DETECCIÓN DE PLOMO SANGUÍNEO

Espectrofotometría de absorción atómica por llama: en este método se utiliza una llama de flujo laminar producida por una mezcla de acetileno y aire o de óxido nitroso, acetileno y aire para atomizar el plomo. El límite de detección depende de la preparación de la muestra y el método utilizado (OMS, 2013).

Espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito: este método utiliza un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000°C, antes de su correspondiente detección; este equipo permite analizar muestras de volúmenes comprendidos entre 10-50 µL. La totalidad de la muestra se atomiza en un volumen pequeño, obteniéndose una alta densidad de átomos (alta sensibilidad), éste es uno de los métodos actualmente más utilizados en la determinación de plomo en sangre (OMS, 2013).

Voltamperometría de redisolución anódica en el laboratorio: con este método se pueden realizar determinaciones de muestras con volúmenes microlítricos. Utiliza un electrodo de referencia en el que se coloca la muestra y un electrodo de grafito con película fina de mercurio. Al aplicar un potencial negativo, el plomo se concentra en la superficie del electrodo de mercurio. Esta técnica requiere el plomo en forma de catión Pb^{2+} acuoso libre y no en complejos (OMS, 2013).

Voltamperometría de redisolución anódica portátil: existe un dispositivo portátil de voltamperometría desarrollado en colaboración con los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos, llamado "LeadCare". Este dispositivo permite medir concentraciones de plomo sanguíneo en tres minutos usando una muestra de trabajo de 50 µL de sangre capilar o sangre venosa (OMS, 2013).

Espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo: este método es utilizado cuando se requiere analizar múltiples elementos utilizando una fuente de plasma de acoplamiento inductivo (un gas ionizado a temperatura

muy alta). El espectrómetro medirá la relación masa/carga, sin embargo este dispositivo es muy costoso aunque su productividad es alta (OMS, 2013).

2.5 ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO

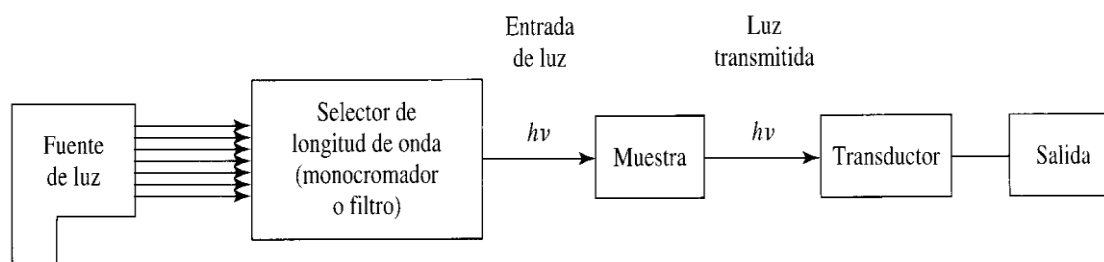
La espectrometría de absorción se refiere a una variedad de técnicas que emplean la interacción de la radiación electromagnética con la materia. En la espectrometría de absorción, se compara la intensidad de un haz de luz medida antes y después de la interacción con una muestra.

La espectrofotometría de absorción atómica mide la fracción de luz de una longitud de onda dada que pasa a través de una muestra determinada, la cual es una solución coloreada y no emite luz propia por sí misma, por lo cual es necesario incluir una fuente de radiación (Pérez, 2014).

Se basa en la absorción de fotones por una o más sustancias presentes en una muestra (siendo un sólido, líquido, o gas), y la promoción subsiguiente del electrón o electrones desde un nivel de energía a otro. La muestra puede ser una sustancia pura, homogénea o mezcla compleja. La longitud de onda en la cual el fotón incidente es absorbida es determinada por la diferencia en los niveles de energía de las diferentes sustancias presentes en la muestra.

La mayoría de estas fuentes producen luz con longitudes de onda no deseadas además de la deseada. El paso de la luz emitida a través de un monocromador o filtro selecciona la longitud de onda para el respectivo análisis, este monocromador se sitúa entre la fuente de radiación y la muestra. La geometría del equipo se encuentra representada en la Figura 2 (Rubinson & Rubinson, 2001).

Figura 2 Esquema del espectrofotómetro de absorción atómica



Fuente: Rubinson & Rubinson, 2001

El horno de grafito es utilizado para calentar la muestra con el fin de atomizarla y desolvatarla, aumentando de esta manera la sensibilidad. Sirve para tratar muestras sólidas o semi sólidas. “La absorbancia de una muestra es proporcional a la concentración de la sustancia que absorbe la luz incidente” (Rubinson & Rubinson, 2001).

2.6 MARCO CONCEPTUAL

Desolvación: cuando el líquido disolvente se evapora, y la muestra permanece seca (Pérez, 2014).

Exactitud: proximidad entre el valor medido y el valor “verdadero” del mensurando (Prieto, 2012).

Límite de cuantificación: o también llamado límite de determinación, se refiere a aquella concentración mínima de analito que puede ser analizada cuantitativamente con la debida exactitud y precisión. Este límite de cuantificación es mayor al límite de detección (APA, 2015).

Límite de detección: es el nivel mínimo del analito en estudio para que el método pueda detectarlo con razonable certeza (APA, 2015).

Plomo: elemento químico, Pb, número atómico 82, color gris azulado; el cual es utilizado en la fabricación de canalizaciones, gasolina, industria química y de armamento, pinturas y como blindaje contra radiaciones (RAE, 2015).

Porcentaje de recuperación (%R): indica el porcentaje que representa el valor medio medido con respecto a la cantidad del analito medida, es decir, el valor teórico. Representada por la siguiente fórmula:

$$R(\%) = \frac{X}{\mu}$$

(Sierra Alonso, Gómez Ruiz, Pérez Quintanilla, & Morante Zarcero, 2010).

Precisión: proximidad entre los valores medidos de un mismo mensurando (Prieto, 2012).

Saturnismo: enfermedad crónica producida por la intoxicación ocasionada por sales de plomo (RAE, 2015).

Espectrofotometría de absorción atómica: técnica utilizada para determinar la concentración de un elemento metálico presente en diversas muestras, se basa en la Ley de Lambert-Beer, obteniendo una señal proporcional a la concentración del elemento a medir (Pérez, 2014).

Plumbemia: concentración de plomo presente en sangre (Ruiz, 2011).

Tritón X-100: también conocido como Octil-Fenoxi-Polietoxietanol, es un detergente no iónico utilizado para desnaturar membranas celulares sin desnaturar la proteína con el propósito de promover la actividad enzimática (SENNA, 2015).

2.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable principal: plumbemia o niveles de plomo en sangre de los trabajadores de la fábrica de pinturas.

Variable secundaria: trabajadores de la fábrica de pinturas (Tabla 2)

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable principal	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo de variable	Técnica
Niveles de plomo en sangre o Plumbemia.	Envenenamiento causado por el plomo al ingresar al cuerpo humano.	Esta enfermedad causa afecciones a nivel del sistema circulatorio, hematopoyético, renal y cardiovascular principalmente.	Nivel de plomo sanguíneo	Media X, Desviación Estándar DS	Razón	Cuantitativa	Espectrofotometría de Abs. Atómica.
Variables secundarias	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo de variable	Técnica
Edad	Edad cronológica	Años cumplidos	Rangos de edad: Entre 19 a 29 años Entre 30 a 40 años Entre 41 a 51 años Entre 52 a 62 años	Trabajadores de una determinada edad/ Total de trabajadores de la fábrica de pinturas Frecuencia relativa (%)	Discreta	Cuantitativa	Encuesta y cédula de ciudadanía o carnet de trabajo
Sexo	Caracteres fenotípicos que diferencian entre sexo femenino y masculino	Femenino-Masculino	Hombre Mujer	% de mujeres % de hombres	Nominal	Cualitativa	Encuesta.
Jornada laboral	Tiempo que trabaja un empleado en una institución a lo largo de un día	Horas trabajadas	Horas de trabajo: 8 horas Más de 8 horas Menos de 8 horas	Número de trabajadores 8 horas, más de 8 horas o menos de 8 horas/Total de trabajadores. Frecuencia relativa (%)	Discreta	Cuantitativa	Nómina de recursos humanos
Tiempo de trabajo	Todo el período de tiempo dedicado a realizar una actividad en una institución	Meses trabajados en una misma institución	Menos de 1 año Entre 2 a 5 años Más de 6 años	Media X, Desviación Estándar DS Frecuencia relativa (%)	Razón	Cuantitativa	Encuesta.

Equipos de protección personal	Instrumentos diseñados para proteger la salud de un trabajador	Utilización de EPP	Uso de Mascarillas, guantes, mandil, gafas Si/No	Frecuencia relativa (%)	Nominal	Cualitativa	Observación con lista de cotejo
Área de trabajo	Lugar físico o virtual donde uno o más usuarios desarrollan sus tareas.	Sitio de trabajo en una empresa.	Fabricación de pinturas Empacado de pinturas Área administrativa Otra área	% trabajadores FP % trabajadores empacado % trabajadores AAd % trabajadores OA	Nominal	Cuantitativa	Encuesta
Anemia	Síndrome caracterizado por la disminución del número de glóbulos rojos o por el nivel de hemoglobina.	Anemia presentada en los últimos tres meses	Si/no	% individuos con anemia % individuos sin anemia	Nominal	Cualitativa	Encuesta
Sintomatología	Percepción o cambio anómalo causado por un estado patológico o enfermedad.	Conjunto de síntomas característicos de una enfermedad por plomo. Mareos, náuseas	Si/No	% de individuos sanos % de individuos con sintomatología	Nominal	Cualitativa	Encuesta
Consumidor de cigarrillo	Persona que fuma cigarrillos, puros, habanos o similares	Fumador	Fumador No fumador	No.de fumadores activos No. De no fumadores	Nominal	Cualitativa	Encuesta
Medicación	Fármacos ingeridos por la persona, que afectan al nivel de plomo en la sangre	Suplemento vitamínico de hierro o calcio	Si/No	% personas con suplementos % individuos sin suplementos	Nominal	Cualitativa	Encuesta
Auto	Medio de transporte motorizado que tiene la capacidad de automovimiento.	Vehículo	Posesión de vehículo Si/No	%conductores % no conductores	Nominal	Cualitativa	Encuesta
Encargado de cargar gasolina	Individuo que carga combustible en su automóvil	Exposición a carga directa de gasolina	Si /no	% individuos expuestos a cargar gasolina % individuos no expuestos a cargar gasolina	Nominal	Cualitativa	Encuesta

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDIO

Corresponde a un estudio descriptivo transversal ya que describe la presencia o el valor promedio del contenido de plomo en sangre en la población definida, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica; es transversal porque está diseñado para determinar el nivel de plomo en una población expuesta definida y en un punto específico del tiempo.

3.2 TIPO DE MUESTREO

El muestreo en el estudio es de tipo probabilístico aleatorio en los trabajadores de la fábrica de pinturas, quienes han tenido contacto directo o indirecto con las pinturas.

3.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tomando como referencia un grado de confianza del 95%, un margen de error del 5% y con un N de 60 personas; no se conoce la prevalencia de personas adultas que han sufrido intoxicación por plomo, por lo que se utilizó un $p = 0.5$ y aplicando la fórmula para estimar proporciones y población finita:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N: Tamaño de la población

n: Tamaño de muestra

Z^2 : Nivel de confianza (95%), es decir 1.96^2

p: Proporción esperada = 0.5

q: 1-p = 0.5

d: Precisión del estudio = 0.05

$$n = \frac{60 * 1,96^2 * 0.5 * 0.5}{0,05^2 * (60 - 1) + 1,96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 52$$

Decisión: se requieren 52 personas que laboren en la fábrica para determinar la cantidad de plomo presente en sangre y que cumplan los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión: varones y mujeres, entre 18 y 50 años de edad que laboren en la fábrica y que hayan aceptado participar en el estudio de forma libre y voluntaria además de firmar el consentimiento informado. (Anexo 1).

Criterios de exclusión: no participaron en el estudio personas que no constan en la nómina de la fábrica, menores de edad, o personas bajo efectos de alcohol o drogas ilegales. Tampoco se incluyeron personas diagnosticadas con enfermedades psicológicas, en tratamiento activo o pasivo.

3.4 CONTROL DE CALIDAD

El Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos FICAYA, de la ciudad de Ibarra, cuenta con estándares Acustandar™ de 1000 ppm de concentración de sales de nitrato de plomo soluble, certificados de diferentes lotes, los cuales son utilizados como estándares para la realización de la curva de calibración y otro para control.

3.5 EQUIPOS Y MATERIALES

- Analizador: espectrofotómetro Perkin Elmer modelo AAnalyst 400 con horno de grafito HGA 900 y auto muestreador AS 800
- Tubos de ensayo tapa lila con EDTA dipotásico

- Vacutainer y agujas tipo vacutainer
- Torniquete
- Torundas
- Cooler
- Guantes
- Guardián
- Fundas de basura negra y roja
- Curitas
- Tubera

3.6 REACTIVOS

- Tritón X-100 al 0.2%
- Fosfato de amonio al 0.2%
- HNO₃ concentrado y diluido
- Agua desionizada

3.7 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

3.7.1 Fase uno. Administrativo

En esta fase se realizó la elaboración y posterior aprobación del consentimiento informado (Anexo 1) para la toma de muestras en seres humanos y la adquisición de materiales para la toma de muestras. También se obtuvieron las respectivas autorizaciones (Anexo 2) de los directivos de la fábrica que participó en el estudio y la programación de visitas a la misma, efectuando reuniones con el personal tanto administrativo como operario para la socialización del proyecto investigativo.

3.7.2 Fase dos. Recopilación de información

Para recopilar información importante se realizaron encuestas en la fábrica de pinturas tanto a los trabajadores operarios de planta como a los del sector administrativo de la fábrica (Anexo 3). Toda esta información adicional fue registrada en el cuaderno de trabajo (o de laboratorio).

3.7.3 Fase tres. Toma de muestra sanguínea

En esta parte operativa del trabajo se recolectaron las muestras sanguíneas de los participantes que aceptaron ingresar al estudio, mediante su aprobación expresa en el consentimiento informado debidamente firmado. La obtención de las muestras de sangre se realizó mediante un proceso de flebotomía, con el uso de tubos tapa lila con EDTA dipotásico en un sitio libre de plomo, dentro de la misma fábrica, con el fin de no incomodar a la población de estudio. Cada muestra fue rotulada y vinculada con la encuesta del individuo, inequívocamente. Las muestras obtenidas fueron conservadas en refrigeración 24 horas antes de su procesamiento y transportadas en un cooler con una temperatura entre 4 y 6°C bajo normas de bioseguridad.

3.7.4 Fase cuatro. Análisis químico

En esta fase se realizó el procesamiento de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito, de acuerdo al protocolo estandarizado de la casa comercial del equipo. Las muestras fueron colocadas en viales plásticos debidamente rotulados, ingresados al espectrofotómetro Perkin Elmer modelo AAnalyst 400 con horno de grafito HGA 900 y auto muestreador AS 800 con las condiciones descritas en la Tabla 3 y los parámetros de control de calidad indicados en la Tabla 4.

Tabla 3*Condiciones del equipo para análisis de plomo en sangre*

Parámetro	Valor
Longitud de onda	283.31 nm
Abertura	0.7 nm
Corriente de lámpara	10 mA
Señal	AA-BG
Medición	Peak Area
Tiempo de lectura	5 segundos
Réplicas	2
Unidades de estándar	µg/dL.
Unidades de muestra	µg/dL.
Concentración de plomo en estándares	5, 10, 15, 20.
Temperatura del equipo	130°C - 2300°C

Autor: Sachin Salunkhe**Fuente:** Perkin Elmer**Tabla 4***Parámetros de control de calidad del Equipo de AA*

	Concentración µg/dL	Absorbancia
Precisión	0,994	
Exactitud	0,025	
Límite de detección	2,981	1,99
Límite de cuantificación	9,839	6,56
% Recuperación	101,560	
% Error	5,380	

Autor: Katherine Moreno C.**Fuente:** Base de datos FICAYA

3.7.5 Fase cinco. Análisis de datos

Para analizar los resultados finales se utilizaron programas informáticos para estadística descriptiva: Excel versión 2010 y SPSS versión 23, con este último se realizó el análisis estadístico. Las pruebas que se tomaron en consideración fueron: pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wik) y pruebas no paramétricas (Kruskal Wallis, Mann Whitney).

3.8 PROCEDIMIENTOS

La configuración del equipo para el análisis de plomo en sangre total junto con la preparación del estándar, el diluyente y la muestra se encuentra en el Anexo 4, al igual que los certificados de los instrumentos utilizados (Anexos 5-7).

Previo a la lectura de las muestras se realizó una curva de calibración (Anexo 8), la cual nos permite relacionar la concentración de los estándares y sus correspondientes absorbancias mediante una recta o gráfica lineal, con los estándares de plomo con los que cuenta el laboratorio (Anexo 4), siguiendo los mismos parámetros del equipo y del método empleado para las muestras. Los resultados (Anexo 9) fueron generados en el software WinLab32, el cual se encuentra incorporado al equipo.

De acuerdo a la dilución requerida el equipo se programa para tomar 1, 2 o 4 μL de solución stock (la cual contiene agua desionizada, ácido nítrico, y estándar de plomo); 19, 18 o 16 μL de agua destilada según corresponda la dilución, 5 μL de solución modificante (conformada por agua bidestilada, Triton X-100, ácido nítrico y fosfato de amonio dihidrogenado) y 20 μL de sangre. En este estudio se realizó la lectura de concentraciones de plomo en el espectrofotómetro con adición de estándar y medición de un blanco (20 μL), el cual está compuesto por solución stock, diluyente y solución modificante.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente estudio se analizaron 52 muestras sanguíneas correspondientes a los trabajadores de una fábrica de pinturas de la ciudad de Quito, para determinar la cantidad de plomo, mediante la técnica de espectrofotometría por absorción atómica con horno de grafito, en el periodo agosto-septiembre 2015.

En cuanto al método utilizado el porcentaje de recuperación del plomo fue del 101.56%, con un error relativo del 5.39%, muestra una precisión de 0.99 ug/dL y una exactitud de 0.025 ug/dL indicando estos dos parámetros la robustez del método utilizado.

Análisis de variables.-

Con respecto a la edad, el mayor porcentaje de trabajadores se encuentra en el rango de 19 a 29 años con un 37% (19 personas), seguido por el rango de 30 a 40 años con un 29% (15 personas), 21% (11 personas) ocupa el rango de 41 a 51 años de edad y finalmente aquellas con edades comprendidas entre 52 a 62 años con un 13% (7 personas) (Gráfico 1).

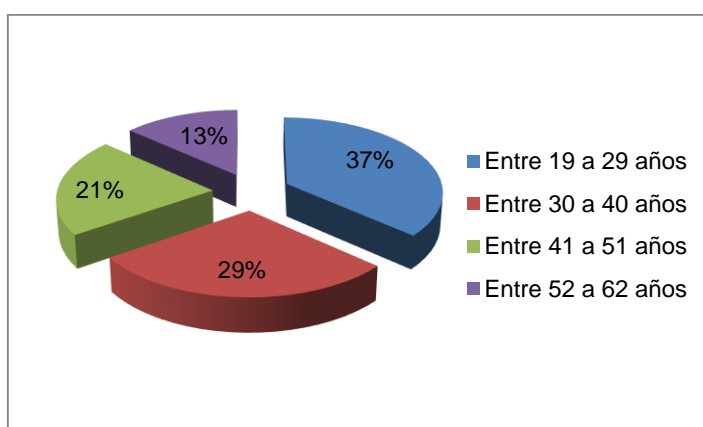


Gráfico 1: Porcentajes de edad.

De acuerdo al género la muestra estuvo conformada por 85% (44 personas) de varones y 15% de mujeres (8 personas) (Gráfico 2).

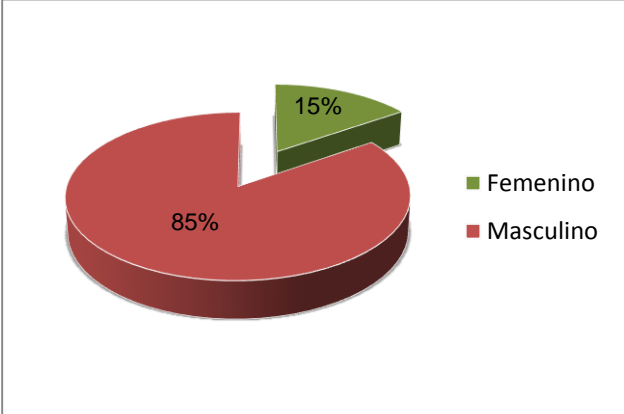


Gráfico 2: Porcentaje de género en los trabajadores de la fábrica

Al clasificar a los trabajadores por el área de trabajo se encontró el mayor porcentaje de individuos en el área de fabricación con el 37% (19 personas), seguido de otras áreas no especificadas con un 27% (14 personas), administrativo el 19% (10 personas) y el 17% (9 personas) lo ocupa el área de empacado (Gráfico 3).

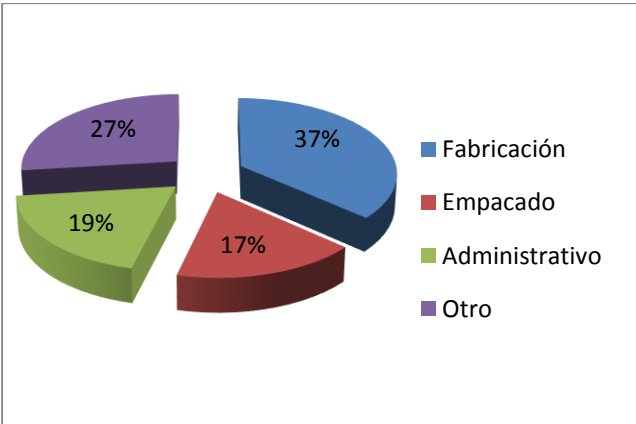


Gráfico 3: Porcentaje de personas por área de trabajo

El cigarrillo es un factor que influye en la presencia de contaminantes en el ser humano, debido a que posee varios metales pesados (entre ellos el plomo) en su composición; es por esta razón que se analizó si el individuo posee el hábito tabáquico, ya que puede ser una causa indirecto que incremente los niveles de

plomo en sangre. Se obtuvo el 69% (36 personas) de personas no fumadoras y el 31% (16 personas) de fumadores activos (Gráfico 4).

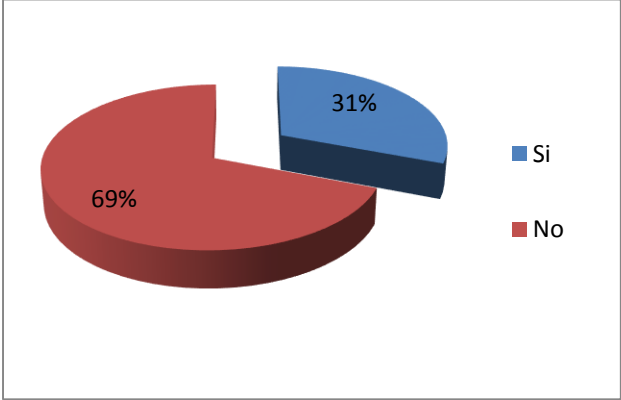


Gráfico 4: Porcentaje de individuos con hábito tabáquico

El 77% (40 personas) aseguró no poseer auto, mientras que el 23% (12 personas) lo posee (Gráfico 5); sin embargo de las personas que poseen auto el 90% (47 personas) no abastecen de combustible personalmente, es decir, no descienden de su auto (Gráfico 6).

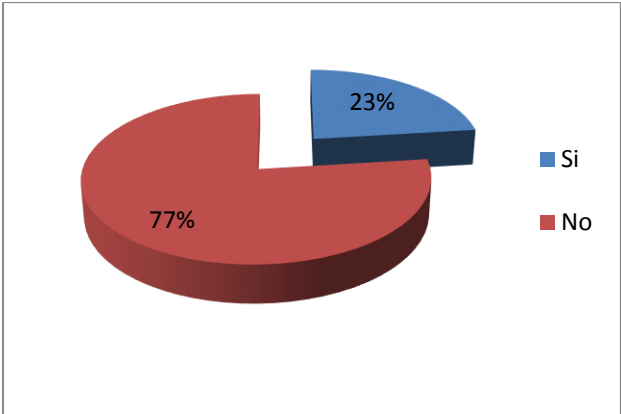


Gráfico 5: Posesión de auto

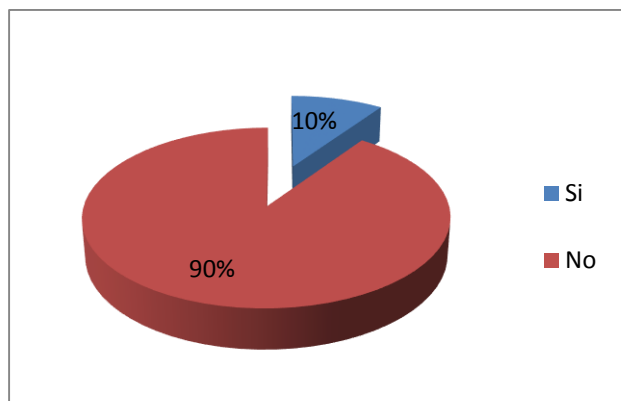


Gráfico 6: Abastecimiento de combustible

La exposición al plomo puede provocar anemia junto con punteado basófilo en los eritrocitos, el 98% (51 personas) de trabajadores indican que no han sido diagnosticados con anemia en los últimos exámenes de laboratorio realizados, mientras que apenas el 2% (1 persona) manifestó presentar anemia últimamente (Gráfico 7).

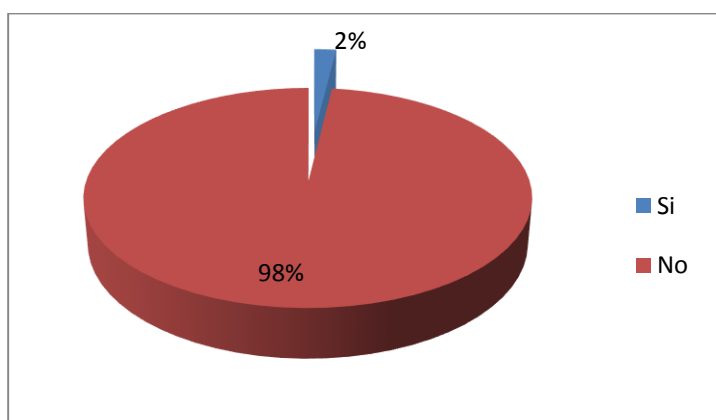


Gráfico 7: Presencia de anemia

En aquellas personas que tienen plumbemia, los signos y síntomas que se presentan con frecuencia son: mareo, fatiga, irritabilidad, debilidad, entre otros. De los trabajadores encuestados el 62% (32 personas) indican que no presentan este tipo de sintomatología, mientras que el 38% (20 personas) indica presentar sintomatología (Gráfico 8).

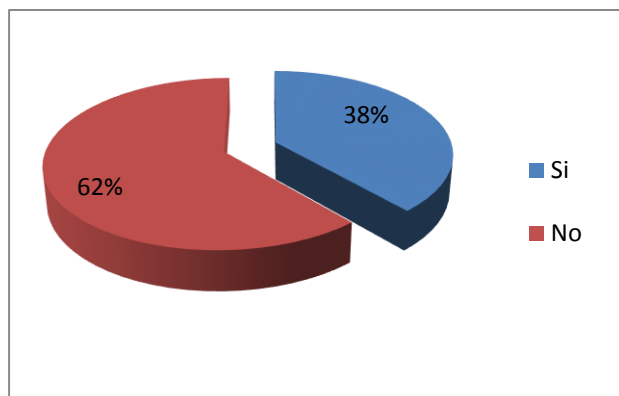


Gráfico 8: Presencia de sintomatología

En caso de deficiencia de calcio o hierro, existe aumento de absorción intestinal de plomo, debido a que los dos compiten por sitios de unión similares en las proteínas de la mucosa intestinal. El 75% (39 personas) de la población manifiesta consumir suplementos como hierro o calcio, mientras que el 25% (13 personas) no lo hacen (Gráfico 9).

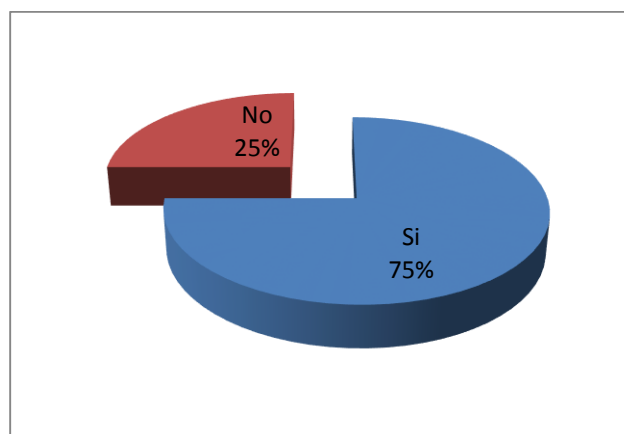


Gráfico 9: Ingesta de Suplementos, alimentos o medicación con hierro (Fe) o calcio (Ca)

Otra variable importante en este estudio es el tiempo de jornada laboral, la cual según el Art. 47 del Código del Trabajo establece como jornada máxima de trabajo ocho horas diarias, 40 semanales. El 71% (37 personas) cumplen con este horario, mientras que el 29% (15 personas) labora más de ocho horas y ningún individuo menos de ocho horas (Gráfico 10).

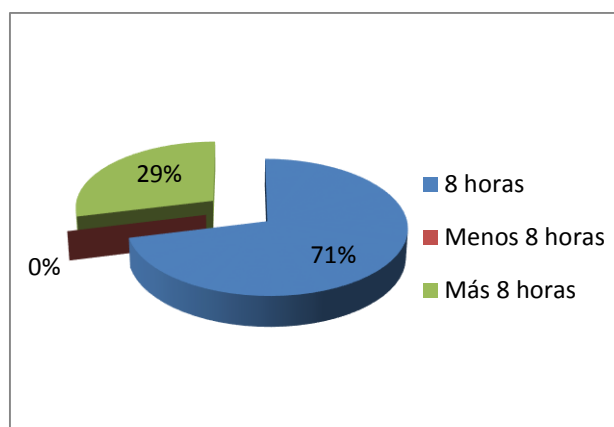


Gráfico 10: Jornada de trabajo al día

En cuanto al tiempo de trabajo dentro de la fábrica de pinturas, se ha clasificado en tres categorías teniendo que el 56% (29 personas) laboran entre 1 a 5 años, 25% (13 personas) laboran más de 6 años y 19% (10 personas) laboran menos de 1 año (Gráfico 11).

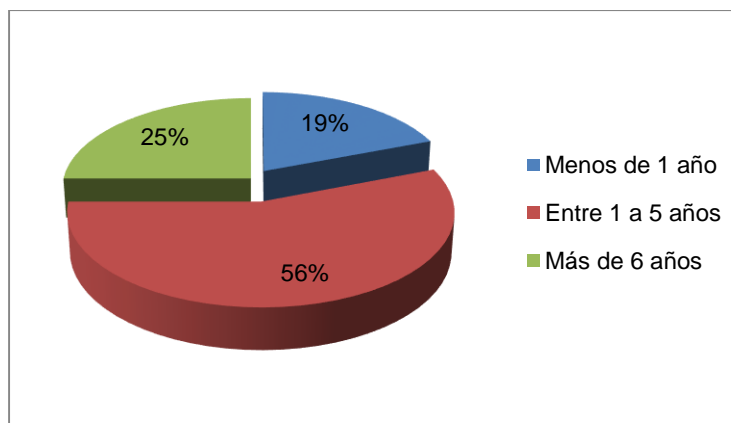


Gráfico 11: Años de trabajo dentro de la fábrica de pinturas

Con el objetivo de disminuir el riesgo de contaminación por plomo es necesario que el personal de la fábrica de pinturas posea el correspondiente equipo de protección, de los cuales el 40% (21 personas) afirma que el equipo de protección utilizado es suficiente para llevar a cabo sus labores, mientras que el 60% (31 personas) opina que el equipo de protección es insuficiente (Gráfico 12).

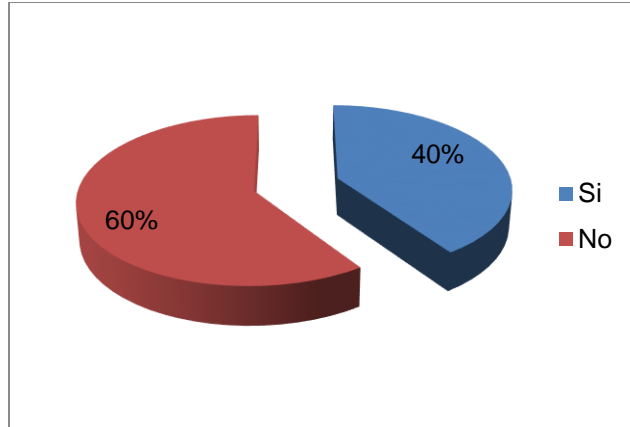


Gráfico 12: Equipos de protección

Relación de variables con los niveles de concentración de plomo analizados.-

Con los datos de laboratorio, se calcularon los estadísticos respectivos para la concentración de plomo en sangre, los mismos que se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5*Análisis descriptivo de concentraciones de plomo*

	Estadístico	Valor	
Concentración de plomo	Media ($\mu\text{g/dL}$)	0.138	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior ($\mu\text{g/dL}$)	0.079
		Límite superior ($\mu\text{g/dL}$)	0.197
	Media recortada al 5%	0.107	
	Mediana ($\mu\text{g/dL}$)	0.069	
	Varianza (S^2)	0,044	
	Desviación estándar ($\mu\text{g/dL}$)	0.210	
	Mínimo ($\mu\text{g/dL}$)	0.000	
	Máximo ($\mu\text{g/dL}$)	1.290	
	Rango	1.290	
	Rango intercuartil	0.091	
	Asimetría	3,718	
	Curtosis	17,594	

Se realizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk (Tabla 6) con el fin de evaluar la normalidad de los datos de las concentraciones de plomo obtenidas en este estudio. Las dos pruebas aplicadas con sus correspondientes estadísticos presentan un nivel de significancia <0.01 , por lo cual se rechaza la hipótesis de normalidad, es decir, la distribución de los datos no mantiene una curva normal.

Tabla 6*Pruebas de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Concentración de plomo	0,283	52	0,000	0,589	52	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Las concentraciones de plomo en sangre forman una curva asimétrica con sesgo positivo, como se observa en el Gráfico 13, por lo que se utilizaron diferentes métodos estadísticos conocidos como pruebas no paramétricas para analizar la significancia estadística entre las variables planteadas en los objetivos de este estudio y determinar si existe relación entre estas y la concentración de plomo encontrada.

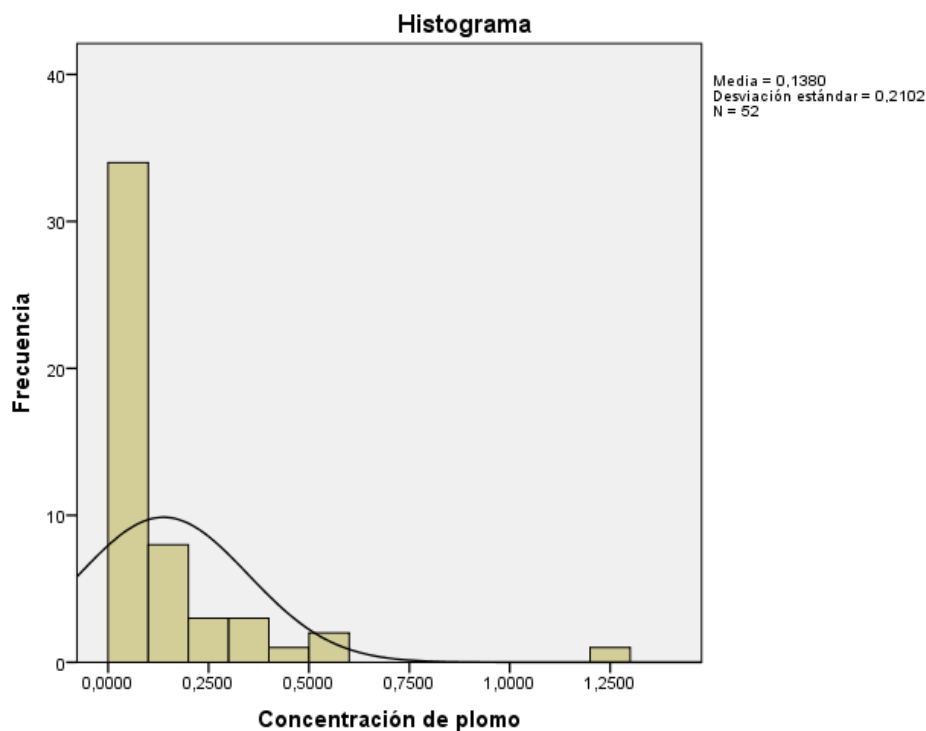


Gráfico 13: Distribución de datos

Las pruebas no paramétricas utilizadas fueron:

- **Kruskal Wallis:** esta prueba permite relacionar más de dos variables independientes, realizando una comparación de medianas cuando las formas de las distribuciones son iguales, esta prueba es similar al test de ANOVA, pero en lugar de utilizar los valores recolectados, se utilizan rangos. En el presente trabajo las variables analizadas mediante Kruskal Wallis fueron: edad, área de trabajo y años de trabajo dentro de la fábrica de pinturas.

- **Mann Whitney:** esta prueba no paramétrica es una alternativa a la prueba t de student y se la usa para comparar dos variables independientes, con muestras pequeñas o cuando la curva de distribución posee sesgo u outliers (datos atípicos), y al igual que la prueba de Kruskal Wallis esta prueba utiliza rangos. En este trabajo las variables analizadas mediante Mann Whitney fueron: sexo, consumidores de cigarrillo, posesión de auto, cargar combustible al auto, sintomatología, suplementos de hierro o calcio, rangos de jornada laboral y equipos de protección.

Cualquiera que haya sido la prueba que se utilizó, se aceptará una hipótesis nula o hipótesis alterna, interpretándola de la siguiente manera:

Hipótesis nula: No existe relación entre la concentración de plomo encontrada y la variable seleccionada.

Hipótesis alterna: Existe una relación entre la concentración de plomo encontrada y la variable seleccionada.

Si $p > 0.05$, esto significa que no existe diferencia significativa entre las variables analizadas (no se relacionan) y se acepta la hipótesis nula.

Si $p \leq 0.05$, significa que sí existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis alterna.

Si $p \leq 0.01$, quiere decir que sí existe diferencia altamente significativa y se acepta la hipótesis alterna.

Variable edad:

Realizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se relacionó la edad de los empleados de la fábrica con las concentraciones de plomo obtenidas. Se evidenció estadísticamente que la edad no se relaciona con las concentraciones de plomo. Es decir, en ninguno de los rangos de edad se demostró mayor o menor cantidad de plomo ($X^2=3.407$, $p=0.333$) (Tabla 7 y Tabla 8).

Tabla 7*Rangos de edad*

	Rango de Edad	N	Rango promedio
Concentración de plomo	19 a 29 años	19	30,11
	30 a 40 años	15	23,53
	41 a 51 años	11	21,55
	52 a 62 años	7	30,86
	Total	52	

Tabla 8*Estadísticos de prueba^{a,b}*

	Resultados
Chi-cuadrado	3,407
gl	3
Sig. asintótica	0,333

*a. Prueba de Kruskal Wallis
*b. Variable de agrupación: Rango de Edad

Variable género:

En cuanto al género, la prueba no paramétrica de Mann-Whitney indica que no existe diferencia significativa en cuanto al género y nivel de concentración de plomo en sangre ($Z=-1.193$, $p= 0.233$) (Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 9*Niveles de plomo de acuerdo al género*

	Género	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	M	44	27,57	1213,00
	F	8	20,63	165,00
	Total	52		

Tabla 10*Estadísticos de prueba^a*

	Resultados
U de Mann-Whitney	129,000
Z	-1,193
Sig. asintótica (bilateral)	0,233

a. Variable de agrupación: Género

Variable área de trabajo:

Según el área de trabajo el estadístico de la prueba de Kruskal Wallis demostró que no existen diferencias significativas en cuanto a áreas de trabajo ($X^2=5.493$, $p=0.139$) (Tabla 11 y Tabla 12).

Tabla 11*Niveles de plomo sanguíneo de acuerdo al área de trabajo*

	Área de Trabajo	N	Rango promedio
Concentración de plomo	A	10	17,90
	F	19	28,32
	E	9	33,56
	O	14	25,64
	Total	52	

A: Administrativo; F: Fabricación; E: Empacado; O: Otras.

Tabla 12*Estadísticos de prueba^{a,b}*

	Resultados
Chi-cuadrado	5,493
gl	3
Sig. asintótica	0,139

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: Área de Trabajo

Variable hábito tabáquico:

Con respecto al consumo de cigarrillo, mediante la prueba Mann-Whitney se obtuvo que el valor p es menor al nivel de significancia ($Z=-1.983$, $p= 0.047$), por lo que en este caso si existe diferencia significativa dependiendo si el trabajador consume o no cigarrillo (Tabla 13 y Tabla 14).

Tabla 13

Relación de nivel de plomo sanguíneo y hábito tabáquico

	Hábito tabáquico	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	SI	16	20,25	324,00
	NO	36	29,28	1054,00
	Total	52		

Tabla 14

Estadísticos de prueba^a

	Resultados
U de Mann-Whitney	188,000
Z	-1,983
Sig. asintótica (bilateral)	0,047
a. Variable de agrupación: Hábito tabáquico	

Variables posesión de auto y abastecimiento de combustible:

Con respecto a la posesión de auto tenemos que no existe diferencia significativa con relación a las concentraciones de plomo encontradas, ($Z=-1,391$, $p= 0.164$) y estadísticamente tampoco existe diferencias al abastecer o no combustible ($Z=-1,289$, $p= 0.198$) (Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18).

Tabla 15*Relación entre nivel de plomo en sangre y posesión de auto*

	Auto	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	SI	12	21,17	254,00
	NO	40	28,10	1124,00
	Total	52		

Tabla 16*Estadísticos de prueba^a*

	Resultados
U de Mann-Whitney	176,000
Z	-1,391
Sig. asintótica (bilateral)	0,164

a. Variable de agrupación: Auto

Tabla 17*Relación entre los niveles de plomo en sangre y el abastecimiento de combustible*

	Abastecimiento de combustible al auto	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	SI	5	18,20	91,00
	NO	47	27,38	1287,00
	Total	52		

Tabla 18*Estadísticos de prueba^a*

	Resultados
U de Mann-Whitney	76,000
Z	-1,289
Sig. asintótica (bilateral)	0,198

a. Variable de agrupación: Abastecimiento de combustible

Variable anemia:

No se realizó prueba estadística para la variable anemia, ya que solamente se encontró un caso que presentaba dicha enfermedad por lo que no se considera representativo.

Variable sintomatología:

Al relacionar los niveles de plomo con la sintomatología que manifestaron presentar o no los participantes del estudio se observa que no existe diferencia significativa ($Z=-1,016$, $p= 0.310$) (Tabla 19 y Tabla 20).

Tabla 19*Relación entre niveles de plomo en sangre y presencia o ausencia de sintomatología*

	Sintomatología	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	SI	20	29,20	584,00
	NO	32	24,81	794,00
	Total	52		

Tabla 20*Estadísticos de prueba^a*

	Resultados
U de Mann-Whitney	266,000
Z	-1,016
Sig. asintótica (bilateral)	0,310
a. Variable de agrupación: Sintomatología	

Variable ingesta de suplementos minerales (Fe o Ca):

En el caso de ingesta de hierro o calcio se observa que existe una diferencia altamente significativa entre si el individuo consume este tipo de suplementos o no, ($Z=-2.653$, $p= 0.008$), siendo $p<0.01$, se acepta la hipótesis alterna. (Tabla 21 y Tabla 22).

Tabla 21

Relación de los niveles de plomo en sangre con la ingesta de suplementos, alimentos o medicación con Fe o Ca

	Suplemento de Fe o Ca	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	SI	39	29,72	1159,00
	NO	13	16,85	219,00
	Total	52		

Tabla 22*Estadísticos de prueba^a*

	Resultados
U de Mann-Whitney	128,000
Z	-2,653
Sig. asintótica (bilateral)	0,008
a. Variable de agrupación: Suplementos, alimentos o medicación con Fe o Ca	

Variable horas de jornada laboral:

En cuanto a la jornada laboral en el que se desempeñan los trabajadores de la fábrica de pinturas, estadísticamente no existe diferencia significativa si trabajan en horario de ocho horas o más de ocho horas ($Z=-0.253$, $p= 0.801$) (Tabla 23 y Tabla 24).

Tabla 23

Relación de niveles de plomo en sangre con las horas de jornada laboral

	Horas de jornada laboral	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	8 horas	37	26,16	968,00
	Más de 8 horas	15	27,33	410,00
	Total	52		

Tabla 24

Estadísticos de prueba^a

	Resultados
U de Mann-Whitney	265,000
Z	-0,253
Sig. asintótica (bilateral)	0,801

a. Variable de agrupación: Horas de jornada laboral

Variable años de trabajo:

De acuerdo al tiempo de trabajo de los empleados de la fábrica, no existieron diferencias estadísticamente significativa entre la jornada laboral y la concentración sanguínea de plomo. ($X^2=1.170$, $p=0.557$) (Tabla 25 y Tabla 26).

Tabla 25*Relación entre el nivel de plomo en sangre y los años de trabajo en la fábrica*

	Años de trabajo en fábrica	N	Rango promedio
Concentración de plomo	0-5 años	39	23,10
	6-10 años	3	25,67
	11-20 años	5	30,00
	Total	47	

Tabla 26*Estadísticos de prueba^{a,b}*

	Resultados
Chi-cuadrado	1,170
gl	2
Sig. asintótica	0,557
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Años de trabajo en fábrica	

Variable equipos de protección:

Finalmente en cuanto a equipos de protección no existen diferencias estadísticas entre si el personal se encuentra o no de acuerdo que el equipo utilizado es suficiente, ($Z=-0.382$, $p= 0.702$) (Tabla 27 y Tabla 28).

Tabla 27*Relación entre los niveles de plomo en sangre y el uso de equipo de protección*

	Equipos de protección	N	Rango promedio	Suma de rangos
Concentración de plomo	SI	21	27,48	577,00
	NO	31	25,84	801,00
	Total	52		

Tabla 28*Estadísticos de prueba^a*

	Resultados
U de Mann-Whitney	305,000
Z	-0,382
Sig. asintótica (bilateral)	0,702

a. Variable de agrupación: Equipos de protección

4.2 DISCUSIÓN

La intoxicación por plomo o plumbemia a lo largo del tiempo ha causado varios problemas a la salud, no solamente a aquellas personas expuestas en ambiente laboral, sino también en la vida diaria. Hoy en día existen varias normativas a nivel internacional que han permitido reducir la cantidad de plomo en varios productos principalmente agua que contiene plomo, pinturas y carburantes.

De acuerdo con el estudio de intoxicación por plomo en humanos existe evidencia que mientras más jóvenes sean las personas, poseen mayor riesgo a tener niveles de plomo elevados, puesto que su sistema neurológico se encuentra aún en desarrollo y es más susceptible a captar el plomo y alojarse en los eritrocitos (OPS, 2013). Adicionalmente se ha evidenciado que mientras menor sea la edad de la persona, el intestino será más propenso a absorber mayor cantidad de plomo especialmente cuando su estómago se encuentra vacío. Es por esta razón que existen estudios en su mayoría realizados a niños o jóvenes menores de edad. Y aquellos estudios en los que han participado personas adultas han sido en relación a aquellos individuos que directamente laboran en industrias como la petrolera, automotriz, que manipulan elementos contaminantes y tóxicos como metales pesados, solventes, entre otras.

El estudio realizado en el año 2010 en la Escuela Naval de Guayaquil reportó que todos sus miembros presentaban altas concentraciones de plomo en sangre al tener contacto directo con combustibles de aviones, sin embargo en este estudio la variable combustible no se relaciona con las concentraciones de plomo encontradas; el 90% de la población no abastece de combustible a su auto por sí mismos, es decir, no posee contacto directo y posiblemente ésta sea una causa para tener niveles bajos de plomo en sangre.

Un estudio realizado en la ciudad de Quito para determinar contaminación por metales pesados en muestras de musgo, se aceptó la hipótesis alternativa, lo que indicó que existieron diferencias significativas entre los distintos sitios de muestreo

(Sarmiento, 2013); por su parte, en el presente estudio se aceptó la hipótesis nula de acuerdo al sitio de trabajo de los empleados de la fábrica, indicando que no existieron diferencias estadísticas, sin embargo, numéricamente si las existieron.

Según el área de trabajo, el mayor número de trabajadores se encuentra en el área de fabricación, sin embargo, los niveles de plomo encontrados son de concentraciones muy bajas; lo cual discrepa con varios estudios realizados a nivel mundial, como por ejemplo el planteado en el Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional del Sindicato Médico de Uruguay (Danza, 2011) , en el cual coloca a los fabricantes de pinturas como aquellos que poseen mayor exposición a este tipo de metales y por ende mayor intoxicación, debido a que están directamente en contacto con los aditivos de plomo.

Un estudio realizado en Santo Domingo, República Dominicana, en niños de edades comprendidas entre 2 y 10 años demostró que el 36% de niños presentaban niveles elevados de plomo en sangre, de los cuales en su mayoría eran varones y presentaban signos y síntomas como erupciones en la piel, náuseas y cefalea. En nuestro estudio, pese a la diferencia de edad, de igual manera el mayor porcentaje de trabajadores lo representa el género masculino, sin embargo, no manifiestan síntomas asociados a intoxicación ni existen niveles elevados de plomo en sangre. En el estudio realizado en Santo Domingo la concentración mínima fue de 1.4 µg/dL, mientras que en nuestro estudio la concentración máxima fue de 1.3 µg/dL.

Recientes investigaciones han demostrado que el plomo posee alta toxicidad, aún cuando los niveles de plomo en sangre son bajos, pueden producir síntomas clínicos asociados a la exposición con este metal. Sin embargo, en el estudio de Molina y otros, se han encontrado operarios de estaciones de servicio con niveles de plomo superiores a los valores de referencia sin ningún indicio de intoxicación (Molina, Rondón, & et.al, 2007).

En un estudio realizado en Madrid para detectar plomo en trabajadores de un hospital se obtuvo que su mediana de plomo fue de 1.7 µg/dL, siendo una de las

más bajas en comparación con estudios previos realizados en España, pero alta en comparación con la mediana de esta investigación que fue del 0.069 µg/dL.

En cuanto a la ingesta de suplementos como calcio en este mismo estudio de Madrid, la mediana de concentración de plomo en sangre fue superior en aquellas personas que consumían dichos suplementos a la del grupo que no los consumía, siendo esta diferencia altamente significativa ($p=0.037$), al igual que en nuestro estudio ($p=0.008$). Debido a que el plomo posee la misma carga y tamaño del calcio, éste puede sustituirlo fácilmente en los tejidos óseos (principal sitio de acumulación). Mientras mayores niveles de calcio sean consumidos por la persona, el plomo será removido de los tejidos óseos y se incorporarán al torrente sanguíneo causando neurotoxicidad, hipertensión y nefrotoxicidad, además de alterar los glóbulos rojos limitando su capacidad para transportar oxígeno hacia otros órganos y tejidos provocando anemia (Higueras & Oyarzun, 2012).

4.3 CONCLUSIONES

- Los valores encontrados en los 52 trabajadores no superan el límite establecido por la OMS, es decir, son concentraciones menores a 10 $\mu\text{g/dL}$. La media determinada fue de 0.132 $\mu\text{g/dL}$, y el valor máximo de 1.3 $\mu\text{g/dL}$ que representa el 10% del límite establecido por la OMS.
- Debido a los bajos niveles de plomo sanguíneo encontrados, este estudio demostró que no existió plumbemia en la población analizada. Esto se debe posiblemente a la eliminación de plomo en la composición de las pinturas hace aproximadamente cinco años.
- El mayor número de participantes en este estudio pertenecen al género masculino con edades comprendidas entre 19 a 29 años, sin embargo no existen diferencias significativas con respecto a las concentraciones de plomo obtenidas de acuerdo al género y la edad.
- El área con mayor número de personas dentro de la fábrica fue el área de fabricación, sin embargo esta variable no está relacionada con niveles elevados de plomo en sangre.
- El cigarrillo contiene plomo de fertilizantes, pesticidas o contaminación atmosférica, lo cual causa serios daños en el organismo. En el presente estudio, al relacionar el nivel de plomo sanguíneo y el hábito tabáquico, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre aquellos que fuman y los que no, por lo tanto el hábito tabáquico puede influir en los niveles de plomo sanguíneo.
- Apenas el 23% de los participantes en este estudio mencionó poseer auto, y de ellos el 9% es el encargado de colocar gasolina; esta variable no fue un factor determinante en este estudio por el hecho de que a partir de 1999 se dio la prohibición de expender gasolina sin plomo.

- Las condiciones de salud como sintomatología y anemia de igual manera no representaron diferencias significativas en este estudio, existiendo solamente una persona que mencionó haber tenido anemia en los últimos seis meses y no pudo establecerse si esta condición se relaciona con presencia o intoxicación por metales pesados.

- La jornada laboral y el tiempo de servicio en la fábrica no influyeron en la presencia de plomo, debido a la permanente movilidad de los trabajadores entre áreas y ciclos de descanso, que permiten el cambio de ambiente entre la fábrica y el exterior.

- Al correlacionar los resultados obtenidos con el consumo de suplementos como hierro o calcio, se obtuvo que sí existe relación entre sí, lo cual indica que tomar este tipo de suplementos es un factor importante en la asimilación y absorción del plomo.

- Más del 50% de trabajadores opinan que el equipo de protección que se utiliza en la fábrica es insuficiente, el cual consta de casco, jean, camiseta, zapatos punta de acero, en algunos casos mandil y chaqueta de jean, sin constar mascarilla o gafas entre este equipo, que serían una barrera primaria para evitar los vapores emitidos por el plomo o los solventes empleados en las pinturas.

- La exposición al plomo aún continúa siendo un grave problema de salud, especialmente en personas que viven en casas antiguas, con pinturas de más de 20 años, con tuberías de plomo, ya que este metal puede seguir desprendiéndose e ingresar al sistema de los habitantes de este tipo de vivienda.

4.4 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios adicionales para diferentes metales y otros elementos químicos tóxicos que pueden afectar a aquellas personas que laboran en este tipo de industrias, como la determinación del azufre en gasolinas y en las baterías, efectos de los solventes volátiles como el thinner, o el xileno usados en la fabricación de pinturas, entre otros. De esta forma se podrá contar con la suficiente información para precautelar la integridad de los trabajadores y usuarios.

- Se recomienda a la gerencia de la fábrica verificar el uso de medidas de seguridad como vestimenta, equipo de protección básico, normas vigentes de seguridad ocupacional y de ser necesario complementarlas y mejorarlas en beneficio de la salud de los trabajadores.

- De igual forma, sugerir la implementación y/o mejora del programa de salud con el fin de prevenir la intoxicación con plomo u otro tipo de metales pesados, tomando en cuenta a cada trabajador junto con su familia.

- Se sugiere realizar exámenes a los trabajadores de la fábrica, no solamente para detectar plomo en sangre, sino diferentes elementos que pueden afectar a corto o largo plazo su salud e interferir con su labor diaria,

- Capacitar constantemente a los trabajadores expuestos directamente a las pinturas en el conocimiento de los posibles riesgos y enfermedades producidas por los metales pesados, y por otros materiales que utilizan en su rutina de trabajo, y los posibles peligros de no usar adecuadamente el equipo de protección recomendado.

- Existen varios factores adicionales que pudieron intervenir en las concentraciones de plomo obtenidas, que deben ser tomadas en cuenta para posteriores investigaciones, como consultar el tipo de vivienda en el que residen los individuos, por la existencia de tuberías antiguas y paredes recubiertas con pinturas que contengan plomo, así como hábitos alimenticios antes de su jornada laboral.

- Se recomienda que exista una correcta alimentación, con una adecuada ingesta de vitaminas, minerales y oligoelementos, para que de esta forma el organismo mantenga sus funciones metabólicas normales, sin confundir los elementos químicos vitales con otros que no lo son.

4.5 BIBLIOGRAFIA

Albán, E., & Díaz, T. (16 de Diciembre de 2011). *“Equipo básico de protección personal para prevenir intoxicación por plomo en el personal de las unidades a bordo de las lanchas misileras” “Quito Guayaquil y Cuenca” de la Escuadra Naval del Ecuador.* Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/1057/1/T-UCSG-PRE-MED-UMP-8.pdf>

Ambiente, M. d. (30 de Junio de 2006). Información Plomo y Cadmio. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/submissions/Submis_GOV_ECUADOR.pdf

APA. (2015). Límite de detección y límite de cuantificación. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de <http://apaprevencion.com/servicios/laboratorio/faqs/>

Aranguren, F. (2000). *El plomo en el medio geográfico: una amenaza silenciosa.* Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/20914/1/articulo6.pdf>

Ascione, A. I. (2001). Intoxicación por plomo en pediatría. *Archivo Pediatría.* , 133-138.

ATSDR. (20 de Agosto de 2007). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.* Obtenido de La toxicidad del plomo: http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-normas.html

ATSDR. (20 de Agosto de 2007). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.* Obtenido de La toxicidad del plomo ¿Cuáles son los efectos fisiológicos de la exposición al plomo?: http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-fisiologia.html

ATSDR. (09 de Diciembre de 2014). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de Plomo (Lead): http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html

Azcona-Cruz, M. I., Ramirez y Ayala, R., & Vicente-Flores, G. (2015). *Efectos tóxicos del plomo*. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2015/rmq1511.pdf>

Bello, C. A. (2006). *Somos patrimonio*. En C. A. Bello. Bogotá: Nomos

Carpio F. (2000) *Prevención de Riesgos Químicos en los Lugares de Trabajo*. Quito

Carrera, E. G. (Julio de 1980). *NTP 165: Plomo. Normas para su evaluación y control*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_165.pdf

Cevallos, F. (2013). *Evaluación y correlación clínica de los niveles de plumbemia, en los trabajadores que elaboran acumuladores eléctricos, para la implementación de medidas de control (Tesis de pregrado)*. Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

Comercio, E. (2012). *La gasolina en Ecuador*. Obtenido de <http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/>

Cordero, G. (2014). *Determinación de plomo en sangre en el personal naval de mantenimiento que labora en áreas de riesgo*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7600/1/BCIEQ-MBC-035%20Cordero%20Acosta%20Grace%20Elizabeth.pdf>

Danza, F. (2011). *Sindicato Médico del Uruguay*. Obtenido de Contaminación por plomo: <http://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo.pdf>

DIGESA, M. d. (2011). Exposición al plomo en el ambiente de trabajo. Recuperado el 16 de Agosto de 2016, de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DSO/SALUD%20OCUPACIONAL%20TRIPTICOS/TRIPTICO_PREVENCION_PLOMO_3.pdf

EPA. (14 de Agosto de 2015). *United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de Plomo: <http://www2.epa.gov/lead/plomo>

García, J. E. (2015). Determinación de plomo sérico en sangre, como indicador de intoxicación en militares de la FAE especializados en la manipulación de combustibles de aviones (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

González, D., & Rojas, W. (2008). Relación entre la exposición crónica ocupacional al plomo y los efectos neurocomportamentales (Tesis de pregrado). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

González, M., Trasobares, E., Cano, S., & Oliván, P. (2008). Determinación de plomo y cadmio en sangre y su relación con fuentes de exposición. Elsevier , 115-123.

Gutiérrez, A., Hardisson, A., Lozano, G., Martín-Izquierdo, R., Revert, C., & Rubio, C. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Toxicología* , 72-80.

Hernández, H. A. (2011). Determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca (Tesis de pregrado). Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca.

Higueras, P., & Oyarzun, R. (2012). Minerales, metales, gases y la salud humana y ambiental. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema08/Minerales_salud_4_1.htm

Hurvitz, M. (2003). *Diagnóstico de Saturnismo*. Obtenido de <http://www.marcoshurvitz.com.ar/Archivos/Docen/ISFT%20190/saturnismo.pdf>

IPEN. (2010). *Lead in enamel flyers*. Obtenido de http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/lead_in_enamel_flyers-es.pdf

Jiménez, D. B. (2012). Cuantificación de metales pesados (Cadmio, cromo, níquel, plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) ostión de mangle en el puente Portete del Estero Salado (Guayaquil) (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Molina, L., Rondón, C., & et.al. (2007). Determinación y estandarización de plomo en sangre en operarios de estaciones de servicio del Estado Mérida. *Redalyc*, 229-236.

OMS. (2013). Información general. *Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre*, 1.

OMS. (Agosto de 2015). Intoxicación por plomo y salud. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

OMS (2013) *Niños libres de plomo, para un futuro saludable*
http://www.paho.org/hon/index.php?option=com_content&view=article&id=929:ninos-libres-plomo-un-futuro-saludable&catid=516:hon.04-desarrollo-humano-sostenible-y-estilos-de-v&Itemid=228

OPS. (22 de Octubre de 2013). Detener la intoxicación por plomo en los niños. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de http://www.paho.org/uru/index.php?option=com_content&view=article&id=765:detener-intoxicacion-plomo-ninos&catid=697:noticias&Itemid=340

Ortega J. (1982) *Exposición Potencial al Plomo de una Muestra de Trabajadores*. *Revista Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo*. 3:3

Oviedo J, Bossano F, Calderón L, et al. (1993). "Valoración Cuantitativa de riesgo del plomo ambiental en Quito". Ecuador: Fundación Natura. Obtenido de <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1085/1/FORMATO+TESIS.pdf>

Peña A., L., et al. (2010). *Toxicología clínica*. Primera edición. 547-554. Medellín-Colombia.

Pérez, G. (Febrero de 2014). *Espectrometria.com*. Obtenido de http://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica

Planeta, C. e. (2010-2015). *Contaminación por metales pesados*. Obtenido de <http://cuidemos-el-planeta.blogspot.com/2010/11/contaminacion-por-metales-pesados.html>

Plus, M. (24 de Abril de 2013). *Niveles de plomo en la sangre*. Obtenido de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003360.htm>

Poma, P. A. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. Scielo Perú , 120-126.

Prieto, E. (2012). e-medida. Obtenido de ¿Sabías que Exactitud no es lo mismo que Precisión?: <http://www.e-medida.com/documentos/Numero-1/exactitud-no-es-lo-mismo-que-precision.htm>

RAE. (Febrero de 2015). *Diccionario de la Real Academia Española*. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=plomo>

Riquelme, C. Y. (2015). Análisis estadístico de concentraciones y distribuciones de metales pesados para el municipio de Sentmenat, España (proyecto de pregrado). Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, España.

Rivas, M. (14 de Julio de 2011). Intoxicación por plomo, más que sangre pesada. Recuperado el 26 de Mayo de 2016, de

<http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/salud-mental/articulos-relacionados/intoxicacion-por-plomo-mas-que-sangre-pesada.html>

Rodríguez, A., & Espinal, G. (2008). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2 a 10 años en el Barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana. *Redalyc* , 595-606.

Rubinson, K. A., & Rubinson, J. F. (2001). *Análisis Instrumental*. Madrid: Prentice Hall.

Ruiz, D. M. (31 de Diciembre de 2011). *Portales Médicos*. Obtenido de Plumbemia: http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Plumbemia

Sarmiento, D. V. (2013). Evaluación de la contaminación por metales pesados en muestras de musgo recolectadas durante el período febrero-marzo 2011 en la Estación Antártica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – Senplades. (12 de Mayo de 2014). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Versión resumida*. Obtenido de www.buenvivir.gob.ec

SENNA, C. (2015). *Detergentes IBI*. Obtenido de <http://www.cientificasenna.com/index.php?modulo=catalogo&accion=articulo&id=952>

Sierra Alonso, I., Gómez Ruiz, S., Pérez Quintanilla, D., & Morante Zarcero, S. (2010). Análisis Instrumental. En *Análisis Instrumental* (pág. 9). Madrid: Netbiblo.

Simón, E. (02 de Febrero de 2008). *Los metales pesados en las aguas residuales*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>

Tello, M. d. (2015). Evaluación del riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de Cuenca (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Tong, S. (2000). Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Scielo*, 1068-1075.

Trasobares, E. (2010). Plomo mercurio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores de exposición (Tesis de pregrado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Ubillus, J. (2003). *Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus_lj/cap2.pdf

University, M. (2012). *Department of Environmental Safety, Sustainability & Risk*. Obtenido de Hoja de información sobre el plomo: https://www.des.umd.edu/os/lead/spanish_factsheet.html

4.6 ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado



DISERTACIÓN DE TESIS

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Formulario de consentimiento informado.

“DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN TRABAJADORES DE UNA FÁBRICA DE PINTURAS EN LA CIUDAD DE QUITO, POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO”

Nombres: _____ **Apellidos:** _____

Descripción.- El plomo es un metal pesado y tóxico que se encuentra presente en la composición de varios materiales entre ellos las pinturas. Esta disertación tiene como objetivo determinar el nivel de plomo presente en sangre utilizando un método químico automatizado específico para determinar metales. Pido su ayuda voluntaria. Su participación nos ayudará a obtener información sobre la cantidad de este metal en el organismo y su afección en la salud humana; con esta disertación se tendrá mayor conocimiento de la concentración o niveles de plomo existentes en su área de trabajo, y mejorar las medidas necesarias para evitar posibles intoxicaciones con este elemento.

Su participación es voluntaria, si usted acepta colaborar por su propia voluntad le pedimos colocar su firma en la línea que se encuentra al final de este documento. No existirá ningún tipo de penalización si no desea participar, y si ya ha firmado el documento y en el transcurso de las actividades desea dejar de participar no existirá inconvenientes o penalizaciones. No existe ningún costo para participar en esta investigación; si posee alguna duda usted puede realizar la/s pregunta/s que sean necesarias a la persona encargada de la disertación.

Para esta disertación se necesita que usted complete verazmente una encuesta relacionada con su jornada laboral y exposición a material con plomo y datos personales, que servirá para vincular los resultados de laboratorio con su información.

De igual forma se requiere de usted una toma de sangre (1 tubo de 10 ml), mediante venopunción (pinchazo en la vena de su brazo) bajo condiciones de bioseguridad y de limpieza. Todo el material utilizado para la toma de muestra es nuevo y no se reutiliza. Lo que puede sentir al momento de la toma será un pinchazo o un dolor moderado y en raras ocasiones puede producirse un pequeño hematoma en la zona del pinchazo, por lo que usted debe realizar presión sobre la zona puncionada unos tres minutos. Igualmente en pocos casos que pueden deberse por características individuales, resultará difícil extraer la muestra de sangre, por lo que podría ser necesario realizar una nueva punción hasta obtener la muestra de sangre. Su muestra identificada inequívocamente mediante un código será procesada en un equipo especializado únicamente para la determinación de plomo en sangre.

El manejo de su muestra será realizada por normas internacionales aprobadas para la correcta recogida, manipulación, transporte y conservación de la muestra, así como para su adecuado procesamiento en el equipo de determinación de plomo.

Los resultados de la disertación se tendrán en 1 mes, posterior a la toma de muestra.

La información proporcionada por usted y los resultados obtenidos tanto de la muestra como de la encuesta serán mantenidos con absoluta confidencialidad y solamente se utilizarán con fines de esta disertación sin conexión a su nombre.

Un informe de los resultados obtenidos en esta disertación será compartido con la gerencia de la fábrica, para los fines que ésta requiera, utilizando las mismas normas de confidencialidad.

El beneficio que brinda esta disertación es el incremento en el conocimiento sobre los peligros a la exposición de metales pesados como el plomo y la importancia del mantenimiento y uso de equipos de protección dentro de su área de trabajo.

DECLARACIÓN FINAL

Después de haber leído, entendido y aclarado mis dudas acerca de esta disertación, libre y voluntariamente, yo, _____ autorizo que se realice el procedimiento correspondiente.

Firma del participante _____

Fecha:

Para mayor información sobre el proceso/disertación o dudas sobre esta disertación puede comunicarse con la Mst. Gabriela Cueva, directora de la disertación, al teléfono 2991700 ext 1680, o al correo electrónico gfcueva@puce.edu.ec

Anexo 2. Carta de Autorización

Señor
Walter Betancourt
Gerente General
Pinturas WESCO
Presente.-

De mis consideraciones:

Reciba un cordial saludo. Parte de la formación académica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Bioanálisis, es aplicar los conocimientos adquiridos en beneficio de la comunidad mediante la investigación realizada en trabajos de tesis. Mi disertación previa a la obtención del Grado de Bioquímica Clínica, titulada ***“Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de una fábrica de pinturas en la ciudad de Quito, por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito”***, la cual presento a usted, pretende obtener información sobre uno de los elementos pesados que forman parte de la materia prima de las pinturas y que a largo plazo estaría incrementando los problemas de salud de los trabajadores expuestos y de la población en general.

Por medio de la presente le solicito a usted muy cordialmente su autorización para efectuar esta disertación dentro de su fábrica. En este trabajo se requerirá la participación del personal de su institución, tanto los trabajadores de planta como personal administrativo, mediante una toma de muestra sanguínea y datos de una encuesta hasta obtener un tamaño de muestra de 52 individuos. Cabe señalar que los protocolos de trabajo y consentimientos informados de esta disertación han sido previamente revisados y validados por la PUCE a fin de asegurar la seriedad de dicha disertación, y que las muestras serán empleadas exclusivamente para la determinación de plomo.

Un informe con los datos obtenidos de la cantidad de este metal pesado, junto con el análisis presente en sangre de los trabajadores de la fábrica será entregado al final de la disertación, lo cual permitirá mejorar la información sobre el trabajo con metales pesados e incrementar la calidad del plan de seguridad laboral y ocupacional en el tema de la importancia del uso de equipo de protección que utilizan los trabajadores.

Las fechas de inicio de la disertación así como su ejecución, finalización y la posterior entrega del informe respectivo serán notificadas a usted con anterioridad. Si tiene alguna inquietud no dude en comunicarla.

De antemano le agradezco la atención y colaboración a la presente y quedo en espera de su favorable respuesta.

Atentamente

Katherine P. Moreno Cabrera
Estudiante Egresada
Escuela de Bioanálisis
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

M.
25-05-2015
Walter Betancourt.

Anexo 3. Encuesta para trabajadores de la fábrica de pinturas

Nombre:

Fecha:

Objetivo:

Registrar el nivel de exposición al plomo de los participantes.

Instrucciones:

Por favor conteste las preguntas con la verdad, lea con detenimiento cada una. La información proporcionada será confidencial y no se revelará en ningún caso.

1. - Datos generales

- Sexo: F () M ()
- Edad:
- Estado civil:
 - Soltero/a ()
 - Casado/a ()
 - Viudo/a ()
 - Divorciado/a ()
 - Unión libre ()

2.- ¿En qué área trabaja usted?

- Fabricación de pinturas ()
- Empacado de pinturas ()
- Área administrativa ()
- Otra (indique):

3.- ¿Cuánto tiempo trabaja en la fábrica?

- Más de 1 año ()
- Entre 6 meses- 1 año ()
- Menos de 6 meses ()
- En cualquiera que sea su respuesta especifique el tiempo: _____

4.- ¿Cuál es su jornada de trabajo?

- a) 8 horas
- b) menos de 8 horas
- c) más de 8 horas

4.- ¿Se ha realizado exámenes de sangre en los últimos 3 meses?

- a) Si
- b) No

5.-Si su respuesta anterior es si, en la biometría hemática se detectó anemia?

- a) Si
- b) No
- c) No recuerda

6.- ¿Ha sufrido últimamente mareos, cansancio, debilidad?

- a) Si
- b) No

7.- ¿Cree usted que el equipo de protección con el que trabaja como mascarilla, guantes, etc. es suficiente?

- a) Si
- b) No

8.- Es usted

- a) Fumador
- b) No fumador
- c) Fumador pasivo

9.- ¿Toma alguna medicación?

- a) Si
- b) No

10.- ¿Toma algún suplemento vitamínico como Calcio o Hierro?

- a) Si
- b) No

11.- ¿Posee auto?

- a) Si
- b) No

En caso de responder Si, usted es el encargado de colocar gasolina? _____

Anexo 4. Configuración del equipo para el Análisis de Plomo en Sangre total

**B
L
O
O
D

L
E
A
D

T
E
S
T
I
N
G**

Instrument Setup for the Analysis of Lead in Whole Blood Perkin Elmer AANALYST 600 & 800 Atomic Absorption Systems

Purpose: This method is designed to provide a starting point in the analysis of whole blood for lead. It uses aqueous standards, and covers the range specified by the CDC and OSHA. The method should then be adapted to the required QA/QC protocols, and may be refined by the user.

Materials: **1000 mg/L Pb Standard** (N9300175)* **Triton -X 100** (N9300260)*
 Nitric Acid (trace metals grade) **10% NH₄H₂PO₄** (N9303445)*
 *Solution available directly from Perkin Elmer with specified part number.

Standard/Diluent Preparation

Stock Standard (600ug/l)

Using a 100 ml volumetric flask add;
 60 ml DI water
 2 ml Nitric Acid
 60 µl Pb standard
 Dilute to volume with DI water

Diluent

Using a 500 ml volumetric Flask add;
 300 ml DI water
 1 ml Nitric Acid
 3 ml Triton-X 100
 10 ml NH₄H₂PO₄ Modifier
 Mix solution with stir bar on a warm hot plate for 30 min. bring to volume with DI water.

Solutions may be transferred to plastic or Teflon bottles for storage.

Calibration Stock Standard Preparation

Dilute the 600 µg/L standard 1:10
 (100 µL standard solution in 900 µL diluent.)

Sample Preparation

Dilute 1:10 with prepared diluent
 (100 µL blood in 900 µL diluent)

All Standard and Sample preparation should be done directly into the autosampler cups using "Eppendorf" type of pipettes, pulling in and pushing out 3-4 times for complete mixing in the cups using the 900ul pipette.

Instrument Setup

Element: Pb	Wavelength: 283.3 nm	Slit: 0.7 (low)
Measurement: Peak Area	Calibration: Linear through Zero	Sample Volume: 12 µL
Standard Units: µg/dL	Sample Units: µg/dL	Read time: 3sec

HGA Furnace Program

Step	Temp	Ramp	Hold	Gas Flow
1	130	1	10	250
2	200	5	10	250
3	700	7	15	250
4	1600	0	3	0
5	2300	1	2	250

The autosampler will prepare standards from the Stock Standard as follows:

10 µg/dl	2 µl of stock standard
30 µg/dl	6 µl of stock standard
60 µg/dl	12 µl of stock standard

Injection temp = 110 °C

*The use of "End-Capped" type of THGA graphite tubes will enhance the absorbance signal by 30-40% and double the tube lifetime. Perkin Elmer P/N B3000655 (box of 20 end-capped tubes) or B3000653 (box of 5 end-capped tubes .) **Highly Recommended.***

Technical Support

PerkinElmer Product Specialist
800-762-4000



Reference:

1. Parsons, Patrick J. Blood Lead Determination by Electrothermal Atomization Atomic Absorption Spectrometry (Perkin-Elmer 4100ZL). 1996 Wadsworth Center Lead Poisoning Laboratory, New York State Department of Health.

Designed & Developed by:
Tony Rhoden & Steve Mangum

Anexo 5. Certificado de material de referencia

Certificate of Analysis

Certified Reference Material



Trace Metals 1 - WP

Number **QC1132-20ML**
 Lot **LRAA0305**
 Solvent (Matrix) **Water, 5% Nitric**
 Hazard **Toxic, Corrosive**
 Storage & Handling **Store at room temperature.**
 Expiration Date **December 31, 2018**
 Certification Date **May 23, 2014**

Certified By:  Christopher Rucinski - QA Director

Analyte	Units	Certified ^{1,4} Value	k ⁵	Standard ² Deviation	Acceptance Interval
Aluminum, Al <small>Traceable to: NIST SRM 3101a Lot 992003</small>	µg/L	311 ± 10.2	1.96	27.7	228 - 394
Arsenic, As <small>Traceable to: NIST SRM 3103a Lot 010713</small>	µg/L	576 ± 7.92	1.96	22.4	509 - 651
Beryllium, Be <small>Traceable to: NIST SRM 3105a Lot 892707</small>	µg/L	334 ± 5.78	1.96	14.6	290 - 378
Cadmium, Cd <small>Traceable to: NIST SRM 3108 Lot 060531</small>	µg/L	579 ± 7.44	1.96	23.3	509 - 649
Chromium, Cr (total) <small>Traceable to: NIST SRM 3112a Lot 990607</small>	µg/L	148 ± 2.19	1.96	6.80	127 - 168
Cobalt, Co <small>Traceable to: NIST SRM 3113 Lot 000630</small>	µg/L	548 ± 10.7	2.05	23.5	478 - 619
Copper, Cu <small>Traceable to: NIST SRM 3114 Lot 891611</small>	µg/L	508 ± 6.16	1.96	20.9	445 - 571
Iron, Fe <small>Traceable to: NIST SRM 3126a Lot 051031</small>	µg/L	326 ± 7.26	1.96	20.4	265 - 388
Lead, Pb <small>Traceable to: NIST SRM 3126 Lot 030721</small>	µg/L	1,150 ± 17.7	1.96	57.8	982 - 1,330
Lithium, Li <small>Traceable to: NIST SRM 3129a</small>	µg/L	591 ± 35.1	2.18	45.4	455 - 727
Manganese, Mn <small>Traceable to: NIST SRM 3132 Lot 050429</small>	µg/L	2,060 ± 31.8	1.96	85.4	1,800 - 2,320
Mercury, Hg <small>Traceable to: NIST SRM 3133 Lot 061204</small>	µg/L	12.6 ± 0.722	1.96	1.87	6.97 - 18.2
Nickel, Ni <small>Traceable to: NIST SRM 3136 Lot 000612</small>	µg/L	276 ± 3.51	1.96	10.8	244 - 308
Selenium, Se <small>Traceable to: NIST SRM 3149 Lot 992106</small>	µg/L	1,230 ± 22.7	1.96	64.9	1,030 - 1,420
Vanadium, V <small>Traceable to: NIST SRM 3165 Lot 992706</small>	µg/L	1,120 ± 18.7	2.06	38.5	1,000 - 1,240
Zinc, Zn <small>Traceable to: NIST SRM 3165a Lot 001402</small>	µg/L	1,250 ± 17.6	1.96	59.4	1,080 - 1,430

Additional Information

Description

This sample is packaged as a 20mL concentrate.
 The solvent for this sample is 5% nitric acid by volume in DI water.
 The sample has not been preserved.

Sample Preparation



Anexo 6. Certificado de calidad de pipeta volumétrica

Certificate

Quality Assurance

OBEROI™
ISO 9001:2000 Certified




Calibrated Laboratory Product is being tested at our laboratory accordance to strict guidelines of DIN EN ISO 9001: 2000.

ARTICLE:	VOLUMETRIC PIPETTE.
ARTICLE NO.:	105.03.303.
NOMINAL VOLUME:	5 ml.
PERMITTED TOLERANCE:	± 0.15 ml
BATCH NO.:	VP 09095.
TESTING DEVICE:	SARTORIUS.
BALANCE:	210 gms/0.0001
THERMOMETER:	261000 -110 °C/0.1°C
OPERATOR:	Ms. TISHA.
ISSUAL DATE:	11.09.2009.



www.labsglassware.com

Anexo 7. Certificado de estándar de plomo

125 Market Street New Haven, CT 06513 USA		 AccuStandard® Inc.		Tel (203)786-3290 Fax (203)786-5287 www.AccuStandard.com	
CERTIFICATE OF ANALYSIS					
Inorganic Reference Standard					
Catalog No: AA29N-1 Description: Lead AA Standard Element: Lead (Pb) SRM: 3128 Lot: 213015059 Matrix: 2-5% Nitric acid Hazards: CORROSIVE - Refer to SDS for safety info			Date Certified: Jan 15, 2013 Expiration: Jan 15, 2018 Concentration: 1000 µg/mL Sample Size: 100 mL Storage Condition: Ambient		
 Danger 1			<input checked="" type="checkbox"/> Included on ISO/IEC 17025 Scope of Accreditation <input checked="" type="checkbox"/> Included on ISO Guide 34 Scope of Accreditation		
Component		SRM #		Prepared Concentration (µg/mL)	
Pb Lead		3128		1000	
<p>In order to verify the concentration(s), the final solution was checked by plasma emission spectroscopy (ICP) against material traceable to the above listed NIST SRM(s).</p> <p>This standard was prepared using ACS grade or better starting materials, high purity acids and ASTM Type 1 18 megohm deionized water.</p> <p>The gravimetric uncertainty for this product is ±0.24%. The CRM uncertainty is ±5%. See reverse side for details.</p> <p>Balances used during preparation are calibrated regularly using NIST traceable weights.</p> <p>All glassware used in preparation is Class A and calibrated regularly.</p> <p>Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.</p> <p>We certify the accuracy of this standard to be ±0.5% of the stated value until its expiration date provided it is kept tightly capped and stored under the conditions stated above.</p>					
				Certified By:  Lydia Snyder, inorganic QC Manager	
Page 1 of 1		For use in routine laboratory analysis.			
AccuStandard is accredited to ISO Guide 34, ISO/IEC 17025 and certified to ISO 9001					
				OR-ORG/IND-001 Rev. 7/11	

CERTIFICATION REPORT

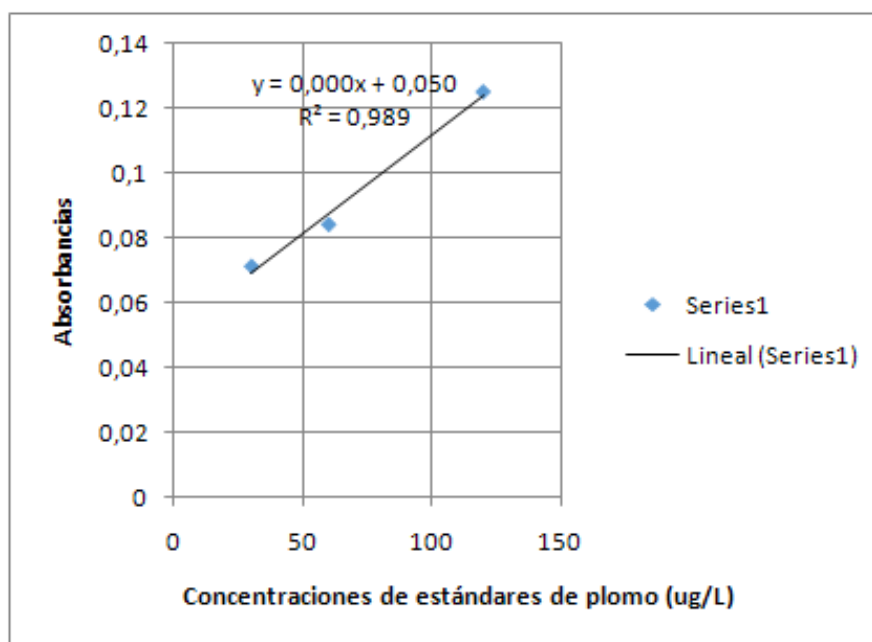
- 1. Quality Documentation:** This certificate is designed in accordance with ISO Guide 31 (Reference Materials - Contents of Certificates and Labels) and ISO Guide 35 (Reference Materials – General and Statistical Principles for Certification).
- 2. Quality Standards:**
 - ISO Guide 34 - General Requirements for the Competence of Reference Material Producers ACLASS Certificate Number AR-1463
 - ISO/IEC 17025:2005 - General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories ACLASS Certificate Number AT-1339
 - ISO 9001:2008 Quality Management System - Requirements Eagle Registrations Certificate Number 3774
- 3. Intended Use:** The product covered by this certificate is designed for calibration or for use in quality control procedures for the specified chemical compounds listed on the reverse side. This product can be used for quantification and/or identification. This product can also be used as a reference material to validate analytical procedures, subject to the conditions under Section 11. If dilution is required, use only Class A glassware and diluent compatible with all certified analytes in this preparation. All solutions should be thoroughly mixed prior to use.
- 4. Raw Materials:** Reference standards are prepared from the highest quality starting materials with defined purities. All analytes and solvents are obtained from pre-qualified vendors and then analyzed or evaluated prior to use.
- 5. Manufacturing:** All balances are calibrated daily using an in-house procedure with weights that are compared annually to master weights and traceable to NIST. The balances are also calibrated annually by an ISO/IEC 17025 accredited calibration laboratory. Please refer to the NIST test number listed on the front of this certificate. Class A glassware is used in the manufacture and quality control of all standards and calibrated using an in-house procedure. Good Laboratory Practices have been used throughout the preparation of this CRM.
- 6. Homogeneity Assessment:** Homogeneity of the finished product is assessed by analyzing sample batches or by other methods consistent with the intended use of the product and by procedures that comply with the appropriate Quality System requirements, and ISO Guide 35.
- 7. Stability Assessment:** The manufacturer guarantees the stability of this solution through the expiration date stated on the label, when handled and stored according to the conditions stated on the label. To ensure a uniform solution, mix the contents of the sealed container thoroughly prior to use. Care should be taken not to contaminate the contents of the original container.
- 8. Analytical Quality Control:** Products are tested by validated analytical methods specified in the manufacturer's quality system.
- 9. Uncertainty Statistics and Confidence Limits:** The uncertainty values as stated on the face of this certificate have been determined using the EURACHEM/CITAC Guide (Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement). We have evaluated both Type A (based on a series of observations) and Type B (manufacturers specifications and calibration data) factors and report a combined expanded uncertainty equal to the positive square root of the total variance of the uncertainty of the components using the following formula: $u_{\text{m}} = \sqrt{(u(P))^2 + (u(m))^2 + (u(V))^2}$. The expanded uncertainty, U, assumes a normal distribution and a coverage factor of k=2 is chosen using approximately a 95% confidence level. Laboratories accredited to ISO/IEC 17025 and ISO Guide 34 are required to estimate uncertainty budgets associated with the measurements they make. However, for analysis, the certified value should be used as the actual value.
- 10. Warranties:** The manufacturer warrants that its products shall conform to the description of such products as provided in its catalog or on the specific product label. This warranty is exclusive, and the manufacturer makes no other warranty, express or implied, including any implied warranty of merchantability or fitness for any particular purpose.
- 11. Legal Notice and Limit of Liability:** This product is for routine laboratory analysis and research purposes only. Due to the hazardous nature, only trained personnel should handle this product. The company's liability will be limited to replacement of product or refund of purchase price. Notice of claims must be made within thirty (30) days from date of delivery.



Anexo 8. Curva de calibración

Estándar PLOMO

ug/L	Absorbancia
30	0,071
60	0,0839
120	0,1248



Anexo 9. Resultados de análisis

Código	Resultado análisis
1	0.028
2	*Bajo el L.C.
3	*Bajo el L.C.
4	0.0018
5	0.0675
6	0.0542
7	1.289
8	0.32
9	0.128
10	0.043
11	0.0419
12	0.03
13	0.0291
14	0.0826
15	0.0568
16	0.0632
17	0.2806
18	0.228
19	0.127
20	0.131
21	0.4378
22	0.08
23	0.0885
24	0.3354
25	0.0557
26	0.105

27	0.123
28	0.0047
29	0.0631
30	0.041
31	0.129
32	0.0697
33	0.152
34	0.369
35	0.053
36	0.1576
37	0.0389
38	0.547
39	0.063
40	0.0738
41	0.0544
42	0.084
43	0.0422
44	0.557
45	*Bajo el L.C.
46	0.01
47	0.0277
48	*Bajo el L.C.
49	*Bajo el L.C.
50	0.076
51	0.0897
52	0.245

* Bajo el límite de cuantificación

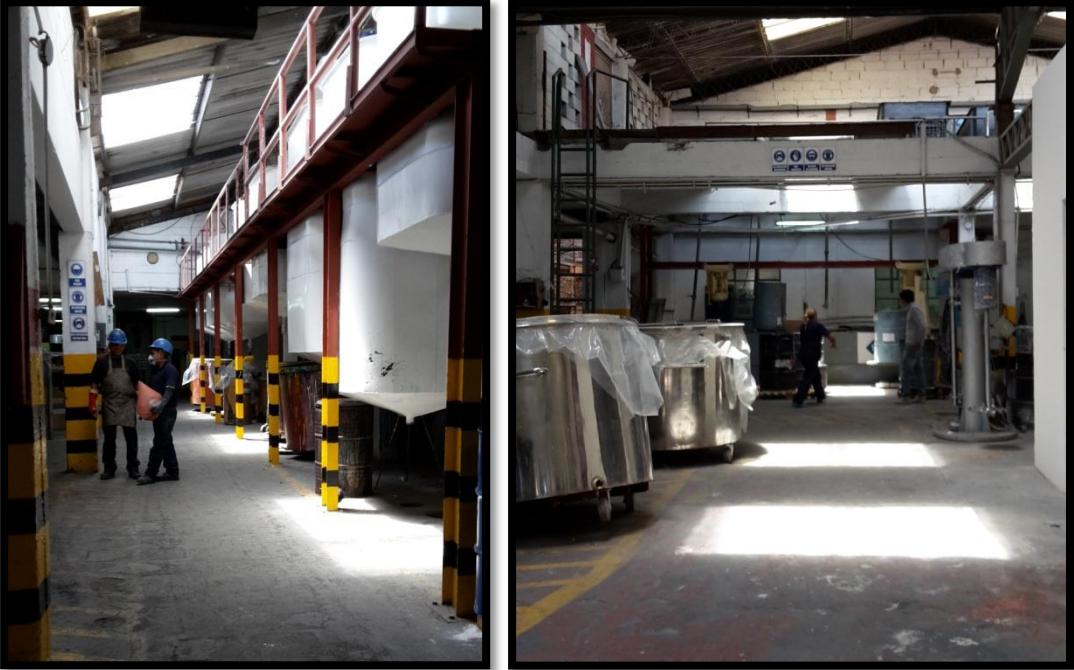
Fotografías 1 y 2. Lectura y autorización de consentimientos informados



Fotografía 3. Toma de muestras sanguíneas en la fábrica



Fotografías 4 y 5. Instalaciones de la fábrica de pinturas

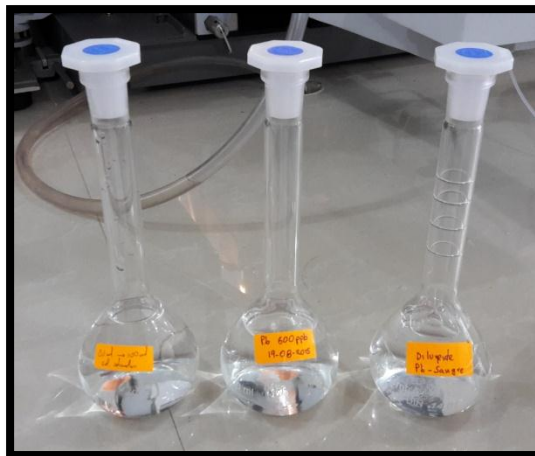


Fotografías 6 y 7. Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito

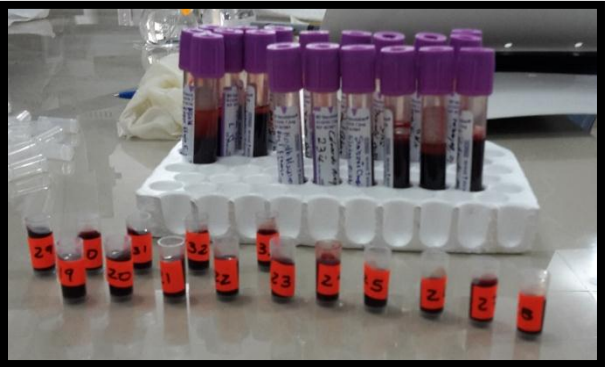
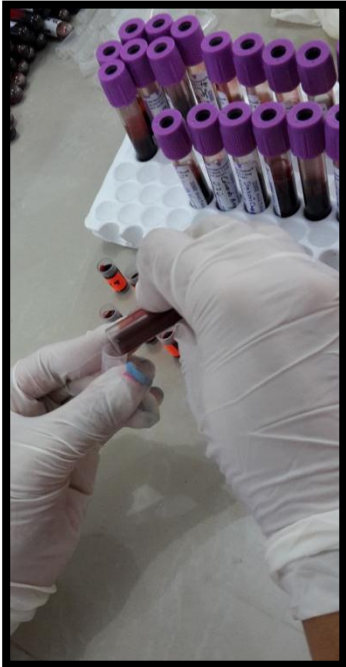




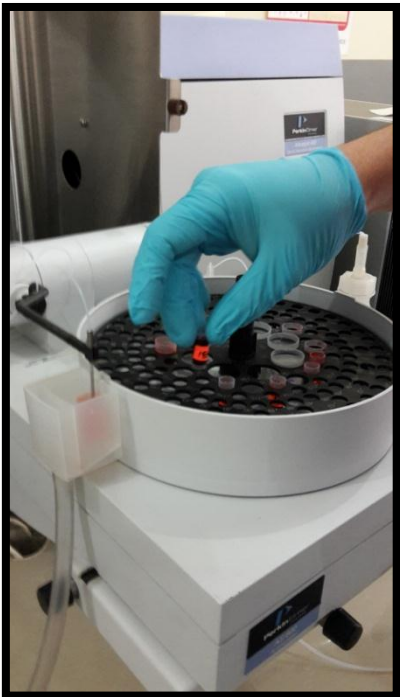
Fotografías 8 y 9. Reactivos y soluciones utilizadas para el procedimiento



Fotografías 10 y 11. Trasvase de muestras en copas plásticas y correspondiente rotulación



Fotografías 12y 13. Colocación de muestras en equipo



Fotografías 14 y 15. Procesamiento de muestras en espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito



Fotografía 16. Software WinLab 32

