

rUNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA

# FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICA



## TESIS

“PRESENCIA DE CONTAMINANTES METÁLICOS EN SEDIMENTOS DEPOSITADOS EN LAS HOJAS DE LOS ÁRBOLES Y SALUD DE LOS TRABAJADORES AMBULANTES DE LA AVENIDA MANCO CÁPAC EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA”

### PRESENTADO POR:

Bach. Olaya Neyra, Rudy Fiorela.  
Bach. Vargas Monterola, Alberto.

### ASESOR:

Mg. Q.F. Montellanos Cabrera Henry S.

DIA DE SUSTENTACION: 14 DE MARZO DE 2018

### Para optar el Título Profesional de:

Químico Farmacéutico y Bioquímico

**LIMA – PERÚ**  
**2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, ya que gracias a él he podido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por todo su esfuerzo y sacrificio, demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional en los momentos más difíciles. A mis hermanos y a José por ser mi mayor motivación.

**Rudy Fiorela Olaya Neyra**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, dedico primeramente mi trabajo a Dios. De igual forma, dedico esta tesis a mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo  
A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

**Alberto Vargas Monterola**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a Dios por guiarnos en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

A la UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro asesor de tesis, quien con sus conocimientos, experiencia y su paciencia, su guía fue una pieza fundamental para que pudiéramos desarrollar una clave de hechos que fueron imprescindibles para cada etapa de desarrollo del trabajo.

Así, mismo queremos agradecer a nuestras familias, en especial a nuestros padres, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y nuestra constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

Por último, mostrar nuestra gratitud a nuestros compañeros porque estuvieron presentes en la realización de esta meta, agradecer toda su ayuda, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

**Alberto y Fiorela**

## INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	2
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1. Problema General .....	3
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION .....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. JUSTIFICACION.....	4
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION .....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.2. BASES TEORICAS .....	8
2.2.1. Metales Pesados.....	8
2.2.2. LÍMITES MÁXIMOS ESTABLECIDOS.....	34
2.3. FORMULACION DE LA HIPOTESIS.....	34
2.3.1. Hipótesis general.....	34
2.3.2. Hipótesis Específicas .....	34
2.4. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	35
CAPÍTULO III: METODOLOGIA.....	37
3.1. MÉTODO .....	37
3.2. NIVEL .....	37
3.3. TIPO DE INVESTIGACION Y DISEÑO DE INVESTIGACION .....	37
3.4. POBLACION Y MUESTRA.....	37
3.4.1. Población .....	37
3.4.2. Muestra.....	38
3.5. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	38

3.6. LECTURA DE LA MUESTRA.....	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	62
ANEXO .....	68
ANEXO 1: Formato de Encuesta.....	68
ANEXO 2: Lugares donde se tomó la muestra .....	69
ANEXO 3: Encuesta realizada a los comerciantes ambulantes.....	70
ANEXO 4: Comprobante de pago del Laboratorio Cetox.....	71

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°1</b>	Estimaciones de exposición semanal a Cadmio 2009 <sup>a</sup>	12
<b>Figura N°2</b>	Concentraciones totales de Arsénico, Cadmio, Plomo, Hierro, Cobre y Zinc utilizadas como niveles de referencia para la identificación de suelos contaminados en algunos países del mundo	34
<b>Figura N°3</b>	Valores de plomo (mg/kg) en sedimentos depositados en las hojas de árboles de la avenida manco Cápac vs valores de referencia como riesgo para la salud humana establecidos en México	43
<b>Figura N°4</b>	Valores de cadmio (mg/kg) en sedimentos depositados en las hojas de árboles de la avenida manco Cápac vs valores de referencia como riesgo para la salud humana establecidos en México	44
<b>Figura N°5</b>	Valores de manganeso (mg/kg) en sedimentos depositados en las hojas de árboles de la avenida manco Cápac vs límite máximo establecido según OMS	45
<b>Figura N°6</b>	Promedio de valores de metales pesados hallados en los sedimentos depositados en las hojas de árboles de la avenida manco cápac vs límites máximos establecidos	46
<b>Figura N°7</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presentan síntomas de cansancio	48
<b>Figura N°8</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presentan síntomas de vómitos	48
<b>Figura N°9</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presentan síntomas de estreñimiento	49
<b>Figura N°10</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presentan síntomas de insomnio	50
<b>Figura N°11</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que manifiestan	

	olvidarse las cosas, tos frecuente y lentitud en movimientos	51
<b>Figura N°12</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que manifiestan fractura de huesos	52
<b>Figura N°13</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que manifiestan pérdida de peso	53
<b>Figura N°14</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presenta síntomas de aborto o problemas al menstruar	54
<b>Figura N°15</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presenta síntomas de comportamiento extraño	55
<b>Figura N°16</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presenta síntomas de dolor de cabeza, espalda y muscular	56
<b>Figura N°17</b>	Porcentaje de trabajadores encuestados que presenta síntomas de coloración en las encías, hipertensión o torpeza en movimientos	57
<b>Figura N°18</b>	Síntomas en los trabajadores de la avenida Manco Capac relacionados con la toxicidad de los metales pesados: plomo, cadmio y manganeso	58

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1</b>	Criterios que se tomará en cuenta para la selección o descarte de la muestra.	42
<b>Tabla N° 2</b>	Valores de Plomo, Cadmio y Manganeso hallados en los sedimentos depositados en los árboles de la avenida Manco Cápac – La Victoria.	47
<b>Tabla N° 3</b>	Tabla de resultados de las encuestas realizadas a los trabajadores de la avenida Manco Cápac relacionado a los efectos toxicológicos del plomo, cadmio y manganeso	52

## RESUMEN

La presente tesis tiene por finalidad dar a conocer las concentraciones del Plomo, Cadmio y Manganeso en los sedimentos depositados en la avenida Manco Cápac y su relación con la salud de los trabajadores de esta avenida, ya que están expuestos diariamente a estas concentraciones. Estos metales son causantes de múltiples trastornos y tiene un alto grado de toxicidad para los humanos. Los resultados promedio de las concentraciones fueron 357.44 mg/Kg, 20.0 mg/Kg y 47.71 mg/Kg; para Plomo, Cadmio y Manganeso respectivamente; de los cuales los valores de Plomo y Manganeso superan los límites establecidos como riesgo para la Salud Humana por la Regulación Mexicana y la OMS, mientras que el valor de Cadmio se encuentra en el límite máximo establecido como riesgo para la Salud Humana según Regulación Mexicana. Se realizó una encuesta a 40 trabajadores de esta avenida para evaluar su sintomatología respecto a la toxicidad de los metales en estudio los síntomas de mayor prevalencia en ellos fueron dolor fuerte de cabeza (100%), dolor de espalda (100%), dolor muscular (100%), e insomnio (90%), síntomas relacionados a la toxicidad generada por metales como el Plomo y Cadmio.

**Palabras Clave:** Plomo, Cadmio y Manganeso

## **ABSTRACT**

The present thesis aims to show the concentrations of lead, cadmium and manganese in the sediments deposited in the Avenue Manco Capac and its relation with the health of the workers of this avenue, since they are exposed daily to these concentrations. These metals cause multiple disorders and have a high degree of toxicity to humans. The mean results of the concentrations were 357.44 mg / kg, 20.0 mg / kg and 47.71 mg / kg; for lead, cadmium and manganese, respectively; of which the values of lead and manganese exceed the limits established as a risk to human health by the regulations of Mexico and WHO, while the value of cadmium is within the maximum limit established as a risk to human health in accordance with Mexican regulation. A survey of 10 workers of this pathway was conducted to evaluate their symptoms with respect to the toxicity of the metals studied. The most prevalent symptoms were headache (100%), back pain (100%), muscle pain (100%) and insomnia (90%), symptoms related to the toxicity generated by metals such as lead and cadmium.

**Key Words:** Lead, Cadmium and Manganese



## INTRODUCCIÓN

Los metales pesados forman parte primordial de las fuentes antropogénicas que vienen de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para el hombre y el deterioro ambiental generalmente. Bajo este escenario, los sedimentos son uno de los principales reservorios de estos elementos y actúan como recursos secundarios de contaminación.<sup>1</sup>

Asimismo, existe preocupación a nivel mundial con relación a la contaminación por transporte atmosférico de metales pesados a gran escala debido a su capacidad de asociación a masas de aire; por efectos de la recirculación de los vientos, dichos metales tienden a depositarse en áreas alejadas a su fuente de origen.<sup>2</sup>

La actividad industrial y el tráfico automotor cumplen un rol importante en la formación de partículas y participan directa e indirectamente en la formación de aerosoles secundarios; en consecuencia, la concentración de partículas en áreas urbanas es alta comparada con áreas no urbanas.<sup>2</sup>

Conociendo esto, el presente trabajo tiene por finalidad determinar las concentraciones de metales pesados de mayor toxicidad como Plomo, Cadmio y Manganeso en sedimentos depositados en los árboles de la av. Manco Cápac – La Victoria, teniendo en cuenta que es una zona con alto tráfico vehicular y actividad comercial, además se evaluará la salud en los trabajadores de la zona, a fin de relacionar las concentraciones de éstos metales con los efectos tóxicos en las personas.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El crecimiento financiero y la globalización han originado evidentes beneficios, pero al mismo tiempo han provocado la aparición de nuevos riesgos. Hay adversidades e incertidumbres para detectar con precisión con exactitud la relación causal entre medio ambiente y salud. La evaluación de la exposición a diversos factores ambientales es compleja, porque no se dispone de sistemas adecuados de información y vigilancia sanitaria que permitan valorar la magnitud y gravedad de los riesgos. Se sabe, además, que algunas sustancias ambientales por debajo de ciertos valores no son peligrosas. No obstante, otros agentes, así como alérgenos, radiaciones ionizantes, contaminantes del aire, sustancias químicas carcinógenas, tiene la probabilidad de sospechar un peligro a límites más bajos de los vistos. Más allá de ello, hay algunos tratados que han reconocido la relación entre algunos agentes ambientales y la salud humana.<sup>3</sup> Se ha estimado que en los países industrializados un 20 % de la incidencia total de patologías puede atribuirse a componentes medioambientales.

En Perú, bastante se habla de la contaminación ambiental, pero la mayoría de la gente desconoce, en más grande o menor nivel, que se convive con sustancias químicas contaminantes que tienen la posibilidad de perjudicar nuestra salud. La contaminación se puede ofrecer en los espacios exteriores e interiores de las casas. Esta puede provenir de las actividades que realiza el hombre a todo nivel, es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever. Las sustancias contaminantes entran al organismo por medio del agua, del aire y los comestibles, por inhalación, por contacto o por ingesta.<sup>3</sup>

Es importante considerar que la gran mayoría de seres vivos requieren pequeñas cantidades de metales, como por ejemplo (cobre, zinc, hierro, cromo, cobalto, manganeso, níquel) para varias funciones biológicas. Sin embargo, una escasa o excesiva concentración de estos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo. Realmente, lo que hace tóxico a

los metales pesados no son solo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que forman. Además, las interacciones entre los metales y sus efectos tóxicos pueden complicar las enfermedades o en su defecto generarlas.<sup>3</sup>

En el presente proyecto de investigación se ha seleccionado la Avenida Manco Cápac por ser una de las avenidas con mayor circulación de vehicular diariamente; obteniendo como resultado vías y calles congestionadas, de mismo modo calles contaminadas por el exceso de humo desprendido de los vehículos, y estos al estar relacionados a presencia de metales nocivos como el Plomo, cadmio y manganeso, tiene la posibilidad de desatar distintas intoxicaciones ocasionando perjuicios irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

- ¿De qué manera la presencia de contaminantes metálicos en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿De qué manera la presencia de Plomo en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria?
- ¿De qué manera la presencia de Cadmio en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria?
- ¿De qué manera la presencia de Manganeso en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los

trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar si la presencia de contaminantes metálicos en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar si la presencia de Plomo en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.
- Determinar si la presencia de Cadmio en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.
- Determinar si la presencia de Manganeso en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.

### **1.4. JUSTIFICACION**

Teniendo en cuenta que la contaminación ambiental por metales pesados está asociada a efectos negativos para la salud por exposición crónica a este tipo de sustancias, es necesario conocer el actual estado de salud de los vendedores ambulantes ubicados en avenida Manco Cápac, en La Victoria, puesto que se presume que al inhalar los sedimentos de compuestos metálicos hay un riesgo potencias de daño en la salud de las personas. En consecuencia, este estudio

permitirá obtener un diagnóstico actualizado que permitirá proponer alternativas de solución objetivas para que las autoridades ambientales y sanitarias del municipio de Lima desarrollen un plan preventivo de pro de la salud. Finalmente, el estudio impactará directamente en la salud de aquellos que laboran en busca de cubrir necesidades básicas sin saber que pueden estar expuestos a enfermedades ocupacionales.

#### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION**

Se limitó en el presente proyecto a la Avenida Manco Capac-LA VICTORIA, por ser esta una de las avenidas con mayor frecuencia de vehicular, tanto vehículos particulares como transporte público, lo que genera una mayor contaminación y por ende una mayor probabilidad de encontrar elementos contaminantes.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Antecedentes Nacionales**

En el año 2013 en el departamento de Loreto, los autores Sotero y Alva, realizaron un estudio sobre la evaluación de la concentración de metales pesados en agua y mercurio en sedimentos del río Nanay, se realizó el muestreo desde el caserío Libertad, hasta su desembocadura en el río Amazonas, en las épocas de creciente y vaciante del año 2011. La cuenca del río Nanay comprende 340 km<sup>2</sup>s y alberga a cuatro comunidades nativas y ocho campesinas y además tiene influencia sobre los distritos de San Juan, Iquitos y Punchana, además de ser la fuente de agua potable para la población de estos distritos. Los análisis de Metales pesados se realizaron utilizando la técnica de la absorción atómica en el laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). Según los resultados de análisis de agua el plomo y el mercurio se encontraron presente en concentraciones mayores que lo indicado por las normas nacionales. El plomo tanto en creciente es en promedio de 0.111 ppm y 0.053 ppm respectivamente y el mercurio en vaciante se encuentra en 0.008 ppm. Del mismo modo la presencia de mercurio es alta en los sedimentos que acompañan a este río con 1.636 ppm en creciente y 3.03 ppm en vaciante.<sup>4</sup>

#### **Antecedentes internacionales**

En el año 2007 en la ciudad de Maracaibo - Venezuela, debido a la importancia del efecto sobre la salud de las partículas inhalables PM<sub>10</sub> y los metales asociados a ellas, se evaluaron los niveles de cuatro metales traza (Pb, Ni, Zn y Cr) generados por fuentes móviles de dichas partículas, en sedimentos viales y suelo en una zona de alta densidad vehicular. Las muestras fueron colectadas en los sitios considerados como de emisión y dispersión durante las

épocas de sequía y de lluvia, empleando un muestreador de bajo volumen con filtros de fibra de cuarzo, para las muestras de PM<sub>10</sub>, con una frecuencia de una muestra cada tres días para un total de 26; para los sedimentos viales y suelo fueron colectadas tres muestras con una frecuencia de 15 días para un período de medición de mes y medio en época seca. Todas las muestras fueron sometidas a un proceso de digestión y analizadas por espectrometría de absorción atómica. Las concentraciones de las PM<sub>10</sub> resultaron 2 veces más altas en la zona de emisión que en la zona de dispersión durante ambas épocas climatológicas, presentando una mejor correlación entre las zonas para época de sequía. Todos los metales analizados presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de muestreo. Por otra parte, para el período global existen diferencias significativas entre las zonas y las épocas climatológicas tanto para PM<sub>10</sub> como para la totalidad de los metales. El Pb no excedió el estándar de calidad del aire establecido para Venezuela, pero su concentración promedio en la zona de emisión fue de 1.13 µg/m<sup>3</sup>, muy cercano al límite diario permitido en Venezuela y por la EPA; por su parte, tanto Pb como Ni sobrepasaron el límite permisible de la OMS en ambas zonas durante todo el período de muestreo. Para las muestras de sedimento y de suelo se encontraron concentraciones significativamente elevadas de Pb, Zn, Ni y Cr en comparación con la muestra testigo. Los niveles hallados de Pb y Zn están por encima de los límites permitidos por el decreto 2635 de la normativa venezolana y la EPA, clasificándose la zona como suelo con alta contaminación por metales pesados. Adicionalmente, el análisis estadístico demostró la adecuada selección de la zona de monitoreo, confirmando que la principal fuente de emisión de los contaminantes es el parque automotor.<sup>5</sup>

En el año 2013 en La Habana – Cuba, se realizó un estudio para determinar las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub>, así como la composición en metales (Pb, Cd, As y Ni), de interés sanitario en la estación de monitoreo del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Se realizó un estudio longitudinal descriptivo del comportamiento de 119 muestras de material particulado (PM<sub>10</sub>) y de cuatro metales de interés sanitario (Pb, Cd, As y Ni) presentes en la fracción de PM<sub>10</sub> en el período de enero de 2013 a

diciembre de 2014. Las bases de datos fueron confeccionadas en Excel y procesadas mediante SPSS 11.5. El análisis estadístico incluyó valores de tendencia central, porcentajes de transgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA) y valores máximos. Se evaluó la correlación entre los metales y entre estos y el PM10 mediante el coeficiente Rho de Spearman. Los valores de las medias de los metales y de la fracción de PM10 resultaron inferiores a las CMA, se observó una fuerte correlación entre el Pb y Cd y entre la fracción de PM10 con el Ni, Cd, y en menor medida entre PM10 y As.<sup>6</sup>

Se realizó un estudio en el año 2008 en el área metropolitana de la ciudad de México comparando los resultados con valores base obtenido en el año 2000 de muestras de suelo que presentaron plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn) y cadmio (Cd). La comparación de los contenidos de metales con respecto a los valores base dan por resultado que todas las muestras analizadas están contaminadas. En todas las muestras, el Pb es el metal que presenta los mayores índices de acumulación (en un rango entre 240 y 1570 mg/k), el Zn muestra valores de hasta 741.7 mg/k y el Cu entre 40.2 y 120.4 mg/k. Las concentraciones más altas de Pb, Zn y Cu están relacionadas con suelos expuestos a condiciones de tránsito pesadas.<sup>7</sup>

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1. Metales Pesados**

Los metales pesados son elementos que se encuentran de forma natural en las rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y agua. Luego de la revolución industrial han ocurrido grandes cambios en el aumento de sus concentraciones debido a su alto uso en las actividades antropogénicas.<sup>8</sup>

Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental. Un indicador de su importancia en relación con otros peligros potenciales es el rango que

les adjudica la Agencia Estadounidense para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, que cataloga los riesgos de los desechos tóxicos de acuerdo con su prevalencia y la gravedad de la intoxicación que originan. Entre los más peligrosos se encuentran el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio.<sup>9</sup>

Los metales pesados considerados tóxicos cumplen los siguientes criterios:<sup>6</sup>

- Son relativamente abundantes en la corteza continental.
- Son extraídos y usados en procesos industriales.
- Son tóxicos al ser humano.
- Causan perturbaciones a los ciclos biogeoquímicos.

▪ **Metales Pesados como contaminantes ambientales.**

Existen tres tipos principales de fuentes de emisión de los metales en el medio ambiente. El más evidente es el proceso de extracción y purificación; los procesos de la minería, fundición y refinación. El segundo menos conocido, es la emisión de metales al quemarse combustibles fósiles que contienen Cd, Pb, Hg, Ni, V, Cr y Cu. La tercera fuente y la más diversa, es la producción y utilización de productos industriales que contienen metales, que aumenta al describirse nuevas tecnologías y aplicaciones.<sup>10</sup>

Algunas de las formas en que la gente moviliza los metales son obvias y otras muy sutiles. La quema de carbono y petróleo libera vastas cantidades de metales al aire puesto que estos son contaminantes naturales del combustible. Antes a los '70 el plomo era agregado en forma intencional a la gasolina para aumentar su octanaje y los autos se convirtieron en la mayor fuente liberadora de plomo al ambiente.

El refinamiento de minerales, la quema de basura, y la producción de cemento son otras fuentes importantes de metales

aerotransportados. Los productos desechados que contienen metales se sepultan en basureros conjuntamente con la ceniza que contiene metales provenientes de la quema de carbón y basura. De estos basurales frecuentemente se filtran metales hacia las aguas subterráneas. Los autos, las refinerías, fundiciones, y plantas de energía bombean plomo, arsénico, cadmio, níquel, y un sinnúmero de otras sustancias en el aire. Frecuentemente la gente se encuentra a sí misma observando este proceso desde cerca, parada en las autopistas en las horas de congestión de tránsito, respirando estos compuestos peligrosos durante toda la espera.<sup>10</sup>

#### **2.2.1.1. CADMIO**

El cadmio existe como mineral en forma de sulfuro de cadmio y se encuentra casi siempre asociado a la presencia de zinc. Utilizando grandes cantidades de zinc, el hombre ha esparcido el cadmio en el entorno, ya que el zinc comercial puede contener hasta el 1% de este metal. La relación Cd/Zn varía de 1/100 a 1/1000. Ha sido descrito como “uno de los más peligrosos elementos traza que aparece en los alimentos y en el medio humano”.<sup>11</sup>

##### **A.- Características Físico-Químicas.-**

El cadmio es un metal que forma parte del grupo IIB de la tabla periódica, con número atómico 48 y peso atómico de 112.41; la forma iónica del cadmio (Cd<sup>2+</sup>) esta usualmente combinada con formas iónicas del oxígeno (óxido de cadmio CdO), cloruro (cloruro de cadmio, CdCl<sub>2</sub>) o sulfuros (sulfato de cadmio CdSO<sub>4</sub>); se ha estimado que 300,000 toneladas de cadmio son liberadas al medio ambiente cada año de las cuales 4,000 a 13,000 toneladas son derivadas de las actividades humanas.<sup>12</sup>

Su presencia en el hombre no se ha establecido hasta el momento presente como esencial. Se encuentra ampliamente distribuido de

forma natural en el medio ambiente, aunque en concentraciones relativamente bajas. Este metal está ampliamente disperso en todo el ecosistema y se encuentra a menudo combinado con otros elementos, como el cinc, el plomo y el cobre. <sup>11,12</sup>

## B.- Fuentes de liberación de Cadmio

La mayor fuente natural de liberación de Cd<sup>2+</sup> a la atmósfera es la actividad volcánica. Otras fuentes naturales son la erosión de las rocas y los incendios forestales. Sin embargo, actualmente, gran parte del Cd<sup>2+</sup> liberado al ambiente proviene de diferentes actividades humanas. <sup>13</sup>

El uso de Cd<sup>2+</sup> a nivel industrial se ha expandido notablemente a partir de la mitad del siglo pasado y su eliminación se ha convertido en un serio problema ambiental. El Cd<sup>2+</sup> es utilizado en la elaboración de algunos plaguicidas y fertilizantes, en la galvanoplastia, en la fabricación de pilas y baterías, en la estabilización de algunos plásticos y en la industria minera. <sup>13,14</sup>

Otras importantes fuentes de descarga de Cd<sup>2+</sup> al ambiente son la quema de combustibles fósiles (como el carbón o el petróleo) y la incineración de la basura doméstica común.

		Intervalo de exposición µg Cd/semana/kg p.c.		
			Adultos	Niños
Exposición a través de la dieta	Consumo medio de alimentos diversos	Oral	1,89-2,96	2,56-3,46
	Consumo alto de alimentos diversos	Oral	2,54-3,91	5,49
	Alimentos en áreas industriales	Oral	3,3-5,8 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>
	Dietas extremas	Oral	2,27-4,64	
	Vegetarianos	Oral	5,47	
Exposición no dietética	Polvo doméstico	Oral	0,076	0,607
	Aire	Inhalación	0,0024	0,0033 <sup>b</sup>
	Tabaco	Inhalación	0,35-0,70 <sup>c</sup>	

<sup>a</sup>Estimado usando un factor de 1,86 veces la exposición media. <sup>b</sup>Asumiendo un volumen diario de inhalación de 7 m<sup>3</sup> y un peso corporal de 15 kg. <sup>c</sup>Asumiendo que la exposición puede aumentar en un 15-30% cuando se toman 20-40 cigarrillos/día. Fuente: (EFSA, 2009a).

Figura N°1: Estimaciones de exposición semanal a Cadmio 2009<sup>a</sup>

### **C.- Toxicocinética.**

La vida media del  $Cd^{2+}$  en el cuerpo humano es de aproximadamente 15 a 30 años). El  $Cd^{2+}$  entra al torrente sanguíneo por absorción a nivel del estómago o del intestino luego de la ingesta de agua o comida contaminada o por absorción a nivel de los pulmones después de la inhalación.<sup>14</sup>

Usualmente llega a la sangre alrededor del 1 al 5% del  $Cd^{2+}$  que es ingerido por la boca, mientras que, se absorbe alrededor del 30 al 50% del que es inhalado. Una vez absorbido el cadmio es transportado hasta el hígado donde induce la síntesis de proteínas de bajo peso molecular ricas en azufre (metalotioneínas). La metalotioneína es el “medio de transporte” del cadmio en el plasma sanguíneo. Es la responsable de su casi despreciable tasa de excreción y de la acumulación del metal en los tejidos.<sup>14</sup> Debido al alto contenido en MTs la acumulación de  $Cd^{2+}$  se produce predominantemente en el hígado, el riñón y en los órganos reproductivos.<sup>14,15</sup>

La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. Después de sobreexposición alcanza concentraciones elevadas en el hígado; pero con el tiempo el metal se localiza en el riñón. Se ha descrito también que las concentraciones renales de zinc se incrementan al aumentar las de cadmio y que la capacidad de almacenamiento de la corteza es limitada a 300 ug/g.<sup>15</sup>

En las células, el cadmio se une a la metalotioneína, proteína cuyo peso molecular es de 6 945 u (7 000 dalton) y que contiene 26 grupos SH libres por molécula, debido a la gran proporción de residuos de cisteína. La función principal de esta microproteína es la

protección del sistema enzimático celular, aunque se le ha descrito otra función, cual es la de unirse específicamente al cadmio y a otros metales pesados.<sup>15</sup>

Su síntesis en hígado, riñón e intestinos es inducida por el cadmio y se conoce por estudios experimentales que el complejo cadmio–metalotioneína es más tóxico para los túbulos renales. Paradójicamente, cuando la metalotioneína se sintetiza en las células, las protege de la toxicidad del cadmio, pues inactiva el metal. Se ha demostrado también escasa capacidad del riñón para sintetizarla, lo que hace insuficiente para fijar el cadmio y da lugar a aparición de las manifestaciones tóxicas.<sup>15</sup>

La fracción de cadmio que pasa a sangre se distribuye en 3 compartimentos de recambio:

- Compartimento 1 de “recambio rápido” y, por tanto, no genera acumulación.
- Compartimento 2 de “recambio medio”, constituido por los hematíes, en los que se acumula en pequeñas cantidades.
- Compartimento 3 de “recambio lento”; aquí, una fracción significativa de cadmio se une a la metalotioneína y va a depositarse en los órganos blanco.

Los compartimentos 1 y 3 son los de mayor intercambio con los demás órganos y se estima que desde el compartimento 1 la tasa de transferencia a otros tejidos es de 50% y al hígado de 16%. Entre los tres compartimentos hay equilibrio dinámico, sin embargo, existiría un aporte extra del riñón hacia el compartimento 1. En el riñón, el compartimento 3, aunque en forma lenta, es el de mayor intercambio y por tanto no se produce acumulación, pero sí filtración por el glomérulo. Una parte se reabsorbe en el túbulo, contribuyendo así a su acumulación. El excedente se excreta con la orina.<sup>15</sup>

Las principales vías de excreción son orina y heces. Por orina, diariamente se elimina 0,007% del contenido corporal y por heces 0,03%. La vida media de excreción urinaria es de hasta 40 años. Tan sólo una pequeña fracción del cadmio del compartimento sanguíneo y otra del hígado, a través de la vía biliar, se elimina por heces.<sup>16</sup>

#### **D.- Toxicidad y Efectos sobre la Salud.**

Según un estudio de Nogawa y cols. (1989) la dosis mínima de cadmio capaz de inducir efectos adversos para la salud humana sería de 2 mg. Esta cantidad varía mucho dependiendo de la fuente de intoxicación.

Entre las manifestaciones específicas, el cadmio tiene efectos bien establecidos en los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino.<sup>30</sup> Uno de los indicios más típicos y tempranos de la larga exposición al cadmio es el daño que sufre la función renal. Con él, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces superior a lo normal de proteínas totales, y hasta 1,000 veces de las de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina.<sup>17</sup>

Los pulmones también se consideran órganos críticos en la exposición al polvo de cadmio. Se han publicado casos de neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar. La exposición más alta podría causar edema pulmonar, lo que constituye una urgencia médica.<sup>17</sup>

En cuanto a las manifestaciones gastrointestinales, la administración oral de 10 mg de cadmio puede originar trastornos gastroduodenales con náusea y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral

aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg.<sup>18</sup> Además, se han descrito alteraciones en las actividades enzimáticas del hígado. Aparentemente, el cadmio no ejerce ninguna acción directa sobre la hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de estudios epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio.<sup>18,19</sup>

### **2.2.1.2 PLOMO**

El plomo y sus derivados se encuentran en todas partes del medio ambiente, como por ejemplo, en el aire, en las plantas y animales de uso alimentario, en el agua potable, en los ríos, océanos y lagos, en el polvo, en el suelo, etc. La concentración de plomo en plantas y animales se magnifica a lo largo de la cadena alimentaria ya que tiene la capacidad de bioacumularse.<sup>20</sup>

Se encuentra dentro de los metales más conocidos desde la antigüedad, incluso fue utilizado por los egipcios y babilónicos. Fue también ampliamente usado por los romanos, muestra de ella es la fabricación de adornos decorativos, canales de agua, bañeras y vasijas que han sobrevivido el paso de los años. Debido de su facilidad de uso (maleabilidad y ductibilidad), en la edad media los castillos e iglesias de Europa fueron decorados con adornos, ventanales y figuras decorativas trabajadas en Plomo. Este tipo de aplicaciones se mantuvieron en el tiempo, encontrándose que a comienzos del siglo XX el plomo era usado en EE. UU para fabricar cerámicas, pintura, cañerías, y también municiones. No obstante, con el desarrollo de nuevas tecnologías, este metal ha incursionado en el sector automotriz, en la medicina, entre otros.<sup>21</sup>

El plomo es liberado dentro del medio ambiente en diferentes formas químicas. La forma química del plomo determina la solubilidad en agua y los tipos de reacciones químicas que pueden suceder en la atmósfera, agua y suelo. Su acción tóxica fue descrita hace más de 2000 años por Nicander, un poeta griego quien escribió sobre una enfermedad conocida como plumbismo, causada por una intoxicación aguda por plomo.<sup>20</sup>

### **A.- Características Físico-Químicas**

El plomo elemental es un metal pesado gris inodoro e insoluble en agua, altamente maleable, dúctil, relativamente pobre conductor de electricidad y resistente a la corrosión. Su punto de fusión es de 327°C y su punto de ebullición es de 1740°C. El Plomo existe en los estados de valencia +2 y +4 y sus isótopos naturales son: 204, 206, 207y 208.<sup>21</sup>

Es un metal resistente a la acción del ácido sulfúrico, pero se disuelve fácilmente con ácido nítrico y en ácido orgánicos dando lugar a sales solubles. El plomo es un constituyente natural del suelo y del polvo, sus concentraciones normales en un suelo no contaminado están entre los 10 y los 50 mg/Kg (ppm), pero las actividades humanas pueden aumentar estos niveles de 10 a 200 veces. Asimismo, el plomo no cumple algún papel en la fisiología humana.<sup>22</sup>

### **B.- Fuentes de Exposición.**

El Plomo se encuentra en forma natural en la corteza terrestre de un modo relativamente abundante. Fue uno de los primeros metales extraídos por el hombre a partir de la galena (Plomo S), la cerusita (Plomo CO<sub>3</sub>) y la anglesita (Plomo SO<sub>4</sub>).<sup>22</sup>

En ausencia de la actividad humana, pequeñas cantidades de plomo alcanzarían la superficie del medio ambiente por procesos naturales para crear una exposición, que en áreas localizadas puede ser muy alta. El plomo es liberado al aire por procesos naturales tales como la actividad volcánica, los incendios forestales, el deterioro de la corteza

terrestre y el decaimiento radioactivo de radón. Estas contribuciones naturales son las de menor consecuencia ya que la vasta mayoría de plomo en la atmósfera resulta de la actividad humana.<sup>22</sup>

La presencia abundante y esparcida de plomo en nuestro ambiente es en gran parte un resultado de la actividad antropogénica. El plomo puede ser usado en forma pura como metal, mezclado con otros metales o usado en compuestos químicos.<sup>22</sup>

Aproximadamente un 40% del plomo se utiliza en forma metálica, un 25% en aleaciones y un 35% en compuestos químicos

Se obtiene de 2 fuentes principales de Plomo por actividad antropogénica: Una fuente primaria mediante la fundición del metal y una secundaria como consecuencia del reciclaje de baterías y chatarra. El 14% de este metal, se produce en América Latina; siendo los más importantes en este rubro, Perú y México.<sup>23</sup>

Según su estado, se distinguen distintas fuentes de exposición al Plomo:

- **Metal.-**

Sólo es tóxico cuando se funde a temperaturas próximas a los 500°C. Los vapores que emite son tóxicos y penetran en las vías respiratorias alcanzando fácilmente los alveolos. Los vapores se oxidan rápidamente, haciéndose poco solubles. Según su peso y contenido en agua, quedarán más o menos tiempo en suspensión en el aire para, finalmente, caer en el suelo.<sup>24</sup>

- **Derivado Inorgánico.-**

El plomo inorgánico, bajo las formas de diversos compuestos, es usado en numerosos tipos de industrias y actividades, cuya magnitud exacta es desconocida en América Latina y el Caribe. Las más importantes son Los óxidos de plomo que se utilizan en las placas de las baterías eléctricas y los acumuladores (PbO y Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), como agentes de mezcla

en la fabricación de caucho (PbO), y en la fabricación de pinturas (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) y como componentes de barnices, esmaltes y vidrio, el arseniato de plomo usado como pesticida. Una parte considerable del plomo se recupera de fuentes secundarias de chatarra.<sup>24</sup>

- **Derivado Orgánico.-**

Son muy empleados en la industria. Entre ellos, tenemos: acetato de plomo (se ha utilizado como abortivo), tetraetilo de plomo (antidetonante de la gasolina), estearato de plomo (utilizado para dar estabilidad y consistencia al plástico), naftenato de plomo (componente de grasas y aceites de uso industrial). Habiendo sido eliminado como tal en la mayoría de los países desarrollados.<sup>24</sup>

### **C.-Toxicocinética.**

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio ó ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por ésta vía.<sup>25</sup>

Las principales vías de absorción de compuestos de plomo son la inhalación y la ingestión. Casi el 40% de los vapores de óxido de plomo inhalados se absorben a través del aparato respiratorio. La absorción del polvo de plomo depende del tamaño (menores a 5 micras) y solubilidad de las partículas y del volumen/minuto respiratorio. A mayor carga de trabajo, mayor absorción. En el organismo, el plomo inorgánico no se metaboliza. El plomo inhalado y depositado en la vía respiratoria baja, se absorbe por completo.<sup>25</sup>

Una vez en la sangre el plomo se distribuye en tres compartimentos: la sangre, los tejidos blandos (riñón, médula ósea, hígado y cerebro) y el tejido mineralizado (hueso y dientes). El tejido mineralizado contiene el 95% de la carga corporal de plomo en los adultos y 70% en niños. El 99% del plomo en sangre está asociado a los eritrocitos.<sup>25</sup>

### **c.1. Absorción: Características de las Vías de Absorción:**

- **Vía respiratoria:**

Es la más importante en el medio laboral y zonas aledañas a mineras, fundiciones, etc.; a través de ella se inhala humos, vapores y polvos.

El 75% de partículas inhaladas quedan retenidas en el tracto superior, el 25% restante logra pasar el umbral del alveolo llegando al torrente sanguíneo, de donde se distribuye a los huesos largos y planos, hígado, cerebro, bazo, pulmón, músculo.<sup>26</sup>

- **Vía digestiva:**

Tiene dos orígenes:

- Ingestión de alimentos contaminados en la cadena de polución, niños que chupen y muerden objetos pintados con pinturas tipo esmalte (de alto contenido de plomo).<sup>26</sup>
- Deglución del plomo inhalado y que quedó retenido en el moco de la nasofaringe y bronquios.<sup>26</sup>

La absorción gastrointestinal depende de la solubilidad del tipo de sal de plomo y del tamaño de las partículas. Los signos y síntomas de la intoxicación por plomo orgánico difieren significativamente de los correspondientes a la intoxicación por plomo inorgánico. Los adultos no absorben por esta vía más del 20-30% de la dosis ingerida pero en los niños se alcanza hasta un 50%.<sup>27</sup>

La absorción por esta vía no sólo depende de la biodisponibilidad del compuesto, sino de otros factores como el vaciado gástrico, la motilidad gastrointestinal, el pH gástrico, la interacción del compuesto con otros componentes del tracto gastrointestinal,

factores dietéticos y, en general, el ambiente químico de lumen gastrointestinal.<sup>27</sup>

La absorción de plomo aumenta debido a deficiencias alimenticias que son más comunes en niños que en adultos (alimentación baja en hierro, calcio, etc.).<sup>27</sup>

- **Vía cutánea:**

Los derivados inorgánicos de plomo no se absorben por la piel íntegra. Los derivados orgánicos son muy liposolubles y son de fácil absorción.

El tetraetilo en el organismo es desalquilado y convertido en trietilo que es el que ejerce la acción tóxica. Luego sigue su transformación a plomo inorgánico.<sup>27</sup>

### **c.2. Distribución:**

El plomo presente en el organismo puede dividirse en dos tipos: fracción intercambiable y fracción estable. La primera fracción está dada por el plomo que se encuentra en sangre y tejidos blandos; y la segunda fracción se encuentra en huesos y dientes como resultado de una intoxicación crónica.<sup>28</sup>

- Una vez absorbido, el plomo pasa a la sangre (primer compartimento). El 90% del plomo circulante está ligado a los hematíes. Su vida media es de unos 35 días. Éste el principal compartimento responsable de la toxicidad por plomo.<sup>29</sup>
- El segundo compartimento está en los tejidos blandos como el riñón, cerebro e hígado, siendo en éstos la vida media de 20 a 30 días.

- El tercer compartimiento lo constituye el hueso, que contiene el 90% del plomo almacenado en el organismo. El plomo finalmente se fija en el hueso, del que resulta muy difícil su movilización al formar compuestos muy estables. Este almacenamiento óseo es importante porque, en situaciones patológicas de acidosis, descalcificación, dieta, etc.; puede movilizarse calcio del hueso y entonces el plomo se movilizará con él, produciéndose cuadros agudos de intoxicación; el plomo tiene una vida media de 60 a 70 años.<sup>29</sup>

Un dato destacable es que el plomo atraviesa la placenta, conteniendo la sangre fetal 80 a 100% de la plumbemia materna.<sup>29</sup>

### **c.3 Metabolismo**

Cualquier vía de ingestión de plomo tiene su punto final en el hígado, el cual metaboliza los compuestos que a él llegan, eliminando una parte por la bilis. Cuando existe una insuficiencia hepática o la concentración del metal es excesiva se elimina por el sudor, la saliva, el páncreas y por la orina.<sup>30</sup>

### **c.4 Eliminación**

La supresión del plomo ingerido se hace primordialmente por las heces. En contraste con la supresión del plomo absorbido se hace primordialmente por medio de la orina (75%), por las secreciones gastrointestinales (16%) y por cabello, sudor y uñas (8%). Una parte reducida es eliminada por medio de la bilis en las heces. La parte de plomo que fue ingerida y no absorbida es de todas formas eliminada por las heces. Otras fuentes de supresión son la saliva y la leche de la mama.<sup>30</sup>

En el caso de baja exposición al plomo, existe un equilibrio entre el aporte del tóxico y la eliminación. Pero, pasado un cierto nivel, comienza a acumularse. Este nivel depende no sólo del grado de

exposición, sino también de la edad y de la integridad de órganos como el hígado y el riñón.<sup>31</sup>

- **Mecanismo de Acción.-**

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; antes que nada, aparentemente el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, más que nada cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas.<sup>32</sup>

Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la disposición del calcio en los compartimentos dentro de la célula.<sup>32</sup>

- a) Activa la proteinquinasa C, una enzima que es dependiente del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.<sup>32</sup>
- b) Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.<sup>32</sup>
- c) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.<sup>32</sup>

Por ultimo esta variación a nivel del calcio traería secuelas en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. Por otro lado, el plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del hem, puesto que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la d aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa,; siendo el resultado final, el

incremento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia.<sup>33</sup>

A nivel renal interfiere con la transformación de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin daño glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva.<sup>34</sup>

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como explicamos previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal.<sup>34</sup>

#### **D.- Toxicidad y Efecto sobre la Salud.**

A la intoxicación crónica por plomo se le llama saturnismo porque la alquimia consideraba al plomo como el origen de los otros metales, y por eso fue que se dedica al dios Saturno, considerado en la mitología como el primero de los dioses. Los efectos tóxicos que el plomo produce en el organismo humano son muy distintos. Los primordiales efectos tóxicos del plomo originan perjuicios sobre el tracto gastrointestinal (“Cólico Saturnino”), nefropatías y perjuicios sobre el SNC y periférico, de esta forma interfiere con sistemas enzimáticos implicados en la síntesis del grupo HEM.<sup>35</sup>

##### **a) Intoxicación Aguda**

La intoxicación aguda es una presentación infrecuente y puede deberse a ingestión de alimentos contaminados y/o inhalación masiva de vapores de plomo.<sup>35</sup>

A nivel renal se produce una insuficiencia aguda por daño tubular y en ocasiones se presenta como un síndrome de Fanconi. A nivel gastrointestinal puede presentarse con dolor abdominal y vómitos intensos, que pueden llevar al shock.<sup>36</sup>

Una exposición intensa a mucha cantidad en el transcurso de un tiempo corto produce una intoxicación aguda con patologías al sistema nervioso central y sistema nervioso periférico, hematopoyético, renal, metabólico.<sup>37</sup>

- **Efectos Neurológicos:** Pueden ir de leves a severos con irritabilidad , somnolencia, insomnio , temblores convulsiones persistentes (estado convulsivo), ataxia parálisis de pares craneales, debilidad muscular aguda, estado confusional, alucinaciones, hasta hipertensión endocraneana con riesgo de herniación cerebral, llegando al coma y/o muerte.<sup>37</sup>
- **Efectos hematológicos** Las manifestaciones hematológicas en la intoxicación aguda con niveles elevados de plomo se han asociado con la anemia hemolítica.<sup>37</sup>

#### **b) Intoxicación Crónica**

La intoxicación por plomo comúnmente es crónica (exposiciones de meses a años. Las manifestaciones clínicas de la intoxicación crónica por plomo son polimorfas y abarcan básicamente todos los órganos y sistemas, en especial en el sistema nerviosos central y periférico, hematopoyético y renal, además se puede perjudicar el sistema gastrointestinal, cardiaco y reproductivo.<sup>37</sup>

Las manifestaciones de la intoxicación crónica por plomo son muy variadas, incluyendo alteraciones orales como el Ribete de Burton, manifestaciones gastrointestinales, alteraciones hematológicas (anemia microcítica -hipocrómica), parálisis

motoras, encefalopatía, alteraciones renales y cólicos saturninos.<sup>37</sup>

Las manifestaciones neurológicas en la infancia pueden tener efectos permanentes e irreversibles en el sistema nervioso, con retraso o deterioro del desarrollo psicomotor (áreas cognitivas o intelectual, motora gruesa y fina, lenguaje y social). Puede observarse disminución de la agudeza auditiva, lo que contribuye a los problemas de aprendizaje o alteraciones conductuales.<sup>38</sup>

Los adultos también presentan efectos sobre el sistema nervioso central, que se manifiestan con cambios de conducta sutiles, fatiga y problemas de concentración. Las lesiones del sistema nervioso periférico, en su mayoría son motrices (caída de la muñeca) lo cual es raro en niños.<sup>38</sup>

- **Efectos Neurológicos:** Los problemas neurológicos se pueden presentar aún en individuos con niveles de plomo en sangre considerados seguros (<10 µg/dL). En los niños, la exposición aguda a dosis altas de plomo puede causar encefalopatía, con la presencia de ataxia, convulsiones, hiperirritabilidad, estupor, coma y muerte. Varios estudios refieren que un nivel  $\geq 70$  µg/dL indica un riesgo alto de presentar una complicación. Éste nivel está asociado con daño neurológico o alteraciones de conducta a largo plazo, aunque el niño aún no presente síntomas y signos de encefalopatía.<sup>39</sup> Algunos estudios muestran que, por cada 10 µg/dL de aumento de plomo en sangre, el cociente de Inteligencia baja 4 a 7 puntos. La exposición al plomo también está asociada con otros problemas neuropsicológicos, disminución de la atención con hiperactividad, sordera, alteraciones del balance y de los nervios periféricos. Algunos de estos defectos persisten en la edad adulta.<sup>40</sup>

Los adultos también pueden presentar las mismas complicaciones que presentan los niños, pero a niveles más

altos de plomo en sangre. Por ejemplo, la encefalopatía puede ocurrir con 460 µg/dL. Los síntomas precursores de la encefalopatía incluyen somnolencia, irritabilidad, disminución de la atención, memoria y presencia de temblores, que pueden ocurrir con niveles más bajos de plomo en sangre. En la realidad clínica, los síntomas y signos no necesariamente ocurren en la forma esperada; algunos síntomas ocurren a niveles más bajos, otros a niveles más altos.<sup>40</sup>

- **Efectos hematológicos:** Alteración de la síntesis de la hemoglobina, alteración en los precursores de los glóbulos rojos y una acción sobre los hematíes circulantes, produciendo una anemia moderada normo o hipercrómica. Cabe señalar sin embargo, que la anemia no es una manifestación inicial de la intoxicación por plomo, sino que solo se manifiesta cuando los niveles de plomo en sangre permanecen significativamente altos durante periodos prolongados.<sup>41</sup>
- **Efectos endocrinos:** Se ha asociado a talla corta.<sup>41</sup>
- **Efectos óseos:** El plomo afecta al crecimiento, maduración celular y desarrollo de los huesos y dientes.<sup>41</sup>
- **Efectos renales:** Un efecto de la exposición prolongada al plomo es la nefropatía. La alteración de la función de los túbulos proximales se manifiesta como aminoaciduria, Glicosuria e hiperfosfaturia (un síndrome parecido al de Fanconi). También existen pruebas de una asociación entre la exposición al plomo y la hipertensión arterial, un efecto que puede estar mediado por mecanismos renales.<sup>41</sup>

Puede desarrollarse gota como resultado de la hiperuricemia inducida por el plomo, y una disminución selectiva de la

excreción fraccional de ácido previa a la disminución de aclaramiento de la creatinina.<sup>41</sup>

- **Efectos sobre la reproducción:** Los efectos de plomo sobre el aparato reproductor masculino en humanos no están bien caracterizados. Los datos disponibles indican que podrían existir efectos testiculares, como la reproducción del recuento y la motilidad espermática, como consecuencia de una exposición crónica al plomo. Se han descrito efectos en la mujer, como abortos, disfunción ovulatoria, parto prematuro, esterilidad. En el hombre los efectos son la astenospermia, teratospermia y el hipogonadismo.<sup>42</sup>
- **Efectos sobre el desarrollo fetal:** El plomo atraviesa la barrera placentaria, afecta la viabilidad del feto y su desarrollo ocasionando abortos, óbitos, niños con menos peso al nacer y partos prematuros.<sup>43</sup>

Es importante destacar que los signos y síntomas de la intoxicación por plomo orgánico difieren significativamente de los correspondientes a la intoxicación por plomo inorgánico. El plomo tetraetilo y tetrametilo son compuestos liposolubles y se absorben con facilidad por la piel, el TGI (Tracto Gastrointestinal) y los. Prácticamente todos los efectos tóxicos tienen lugar a nivel del SNC y no suelen presentarse efectos hematológicos de importancia.<sup>43</sup>

### 2.2.1.3 **MANGANESO**

El manganeso es un elemento natural que se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso no tiene olor ni sabor especial. El manganeso puro es un metal de color plateado; sin embargo, no ocurre en el ambiente en forma de metal puro. En cambio, ocurre

combinado con otras sustancias como oxígeno, azufre y cloro. Estas formas (llamadas compuestos) son sólidos que no se evaporan. Sin embargo, pequeñas partículas de polvo del material sólido pueden existir suspendidas en el aire. Además, algunos compuestos de manganeso pueden disolverse en el agua y bajos niveles de estos compuestos ocurren normalmente en lagos, arroyos y en el océano. El manganeso puede cambiar de un compuesto a otro (ya sea por procesos naturales o por la actividad humana), pero no se degrada ni desaparece del ambiente.<sup>44</sup>

El manganeso es un elemento esencial para la salud. El cuerpo humano típicamente contiene pequeñas cantidades de manganeso, y en condiciones normales, el cuerpo las mantiene en cantidades adecuadas.<sup>44</sup>

#### **A.- Fuentes de Exposición.**

El manganeso y los compuestos de manganeso ocurren naturalmente en el ambiente en forma de sólidos en el suelo y en forma de pequeñas partículas en el agua. El manganeso además puede estar que se encuentra en el aire con apariencia de pequeñas partículas de polvo. Estas partículas que tiene dentro manganeso por lo general se depositan en superficies en unos días en relación a su tamaño, peso, consistencia, y de las condiciones climáticas.<sup>44</sup>

El manganeso sucede naturalmente en ríos, lagos y en algunas aguas subterráneas. Las algas y el plancton en el agua tienen la probabilidad de consumir alguna proporción de manganeso y concentrarlo en sus organismos. Además de ocurrir naturalmente en el ambiente, el manganeso puede ser introducido por las ocupaciones humanas. El manganeso puede ser liberado al aire por la industria o al quemar combustibles fosilizados. Más específicamente, las fuentes de manganeso en el aire incluyen plantas que producen hierro y acero, plantas de energía, hornos de coque y polvo generado por operaciones de minería no controladas.

El manganeso liberado al quemar un aditivo de la gasolina también representa una fuente de manganeso en el aire. El manganeso que llega de estas fuentes humanas puede ingresar al agua superficial, al agua subterránea y a aguas de alcantarilla. Pequeñas partículas de manganeso además tienen la probabilidad de ser arrastradas por el agua que corre por medio de vertederos y el suelo.<sup>45</sup>

La forma química del manganeso y el tipo de suelo determinan la agilidad con que se moviliza por medio del suelo y la cantidad que es retenida en el suelo. El maneb y mancozeb, dos plaguicidas que tienen en su composición manganeso, tienen la posibilidad además de ayudar a aumentar la cantidad de manganeso en el ambiente cuando se aplican a cosechas o se liberan al ambiente desde plantas de almacenaje. No hay ninguna información acerca de la cantidad de maneb o mancozeb liberada al ambiente desde plantas que manufacturan o usan estos plaguicidas. La cantidad de manganeso en el ambiente proveniente de la liberación o el uso de estos plaguicidas no se conoce.<sup>45</sup>

## **B. Toxicocinética.**

La exposición a manganeso ocurre principalmente por vía oral e inhalatoria. La exposición dérmica puede ocurrir por la exposición a MMT durante su producción. La mayoría de los reportes que datan desde 1837 asocian la intoxicación a manganeso por vía inhalatoria en población ocupacionalmente expuesta. En cuanto a la vía inhalatoria se considera que en los procesos industriales la fracción inhalada son partículas con un diámetro  $\leq 4\mu\text{m}$ , presentándose como polvo, óxido o humo. Es importante resaltar que una adecuada ventilación y el uso de equipo de protección durante el proceso de soldadura disminuye la exposición a manganeso y por lo tanto se reduce el riesgo de presentar efectos tóxicos.<sup>45</sup>

La absorción dependerá de factores como tamaño de partícula, solubilidad, retención en la cavidad nasal, sitio donde se deposita e integridad del epitelio. De acuerdo a la fisiología del tracto respiratorio las partículas con diámetro  $>5 \mu\text{m}$  se depositan en la región nasofaríngea, que es la más alta. Las partículas con diámetro de  $1-5 \mu\text{m}$  se depositan en la región traqueobronquiolar del pulmón, que es la intermedia, pudiéndose eliminar a través del moco hacia las regiones ciliadas y eliminarse por estornudos o tos y pasar al tracto gastrointestinal. Las partículas con diámetro menor a  $1 \mu\text{m}$  penetran a los sacos alveolares de los pulmones, pudiendo ser absorbidas o bien eliminadas a través del sistema linfático o por medio de macrófagos alveolares.<sup>44, 45</sup>

Estudios recientes han descrito al bulbo olfatorio, como una vía de entrada importante de partículas de manganeso ultrafinas ( $\leq 100\text{nm} = 0.1\mu\text{m}$ ), debido a que la cavidad nasal se comunica al bulbo olfatorio y este de manera directa al nervio olfatorio hacia el sistema nervioso central, la solubilidad juega un papel determinante en el proceso. Utilizando un modelo de depósito predictivo de partículas en ratas, se ha estimado que el 11.5% de lo que se deposita en la mucosa olfatoria es traslocado al bulbo olfatorio.<sup>46</sup>

En cuanto a la vía oral, las partículas ingeridas por la boca son deglutidas y entran al tracto gastrointestinal, al igual que las inhaladas y que por tos o estornudo pasan al tracto. Dentro de él existen mecanismos homeostáticos que limitan su absorción, este mecanismo actúa aumentando la absorción si se tiene poco manganeso en la dieta mientras que disminuye su absorción si por el contrario la dieta es rica en manganeso. En la actualidad es evidente que la vía oral cobra importancia debido a los registros que se tienen de pozos de agua contaminados de manera natural por manganeso cuyos resultados se han asociado con disminución en la función intelectual.<sup>46</sup>

Además, es importante destacar que la absorción de manganeso se incrementa al presentarse una disminución en la ingesta de hierro, debido a que el manganeso utiliza a la transferrina como proteína transportadora. La transferrina es una glicoproteína formada por una cadena simple de polipéptidos que tiene dos sitios activos para hierro, en una proporción de dos hierros por cada molécula de transferrina (2:1). Al presentarse un incremento de manganeso o bien una deficiencia de hierro, el manganeso ocupa el sitio activo del Fe (III), pero con una menor afinidad. Destacando que la deficiencia de hierro en la dieta, se reporta como un problema nutricional ampliamente distribuido, lo cual es preocupante al asociarlo con un aumento en el factor de riesgo por exposición a manganeso. El manganeso es absorbido como Mn (II) en el intestino y pasa a sangre, donde es oxidado a Mn (III) por la ceruloplasmina, con la finalidad de aumentar la afinidad con la transferrina para ser transportado. Mientras que en cuanto a la vía inhalatoria, el manganeso se disuelve y se presenta como Mn (II) o Mn (III), los cuales son absorbidos en la región alveolar hacia sangre, aparentemente el Mn (II) presenta una absorción mayor.<sup>46</sup>

En los capilares de la barrera hematoencefálica se localizan receptores de transferrina, los cuales permiten el paso a través de las células endoteliales de cerebro por endocitosis. Además se tiene evidencia de que a través de un transporte saturable ingresa como Mn (II). Una vez que ingresa al sistema nervioso central se acumula en el globo pálido, sustancia negra y cuerpo estriado. Lo cual se demuestra en imágenes de resonancia magnética, siendo el diagnóstico diferencial para manganismo debido a que en el síndrome de Parkinson estas zonas no presenta hiperintensidad. La principal ruta de eliminación es a través de las heces, sin embargo la concentración de manganeso excretada refleja tanto el manganeso no absorbido como el absorbido y eliminado por excreción biliar. De acuerdo a valores encontrados en sangre se ha determinado que la vida media de manganeso en población ocupacional es de  $15 \pm 2$  días,

comparado con individuos control que es de  $37.5 \pm 7.5$  días y de  $28.3 \pm 8$  días para ex mineros.<sup>46</sup>

### **C.- Toxicodinamia**

En la superficie capilar del cerebro se localizan los receptores de la transferrina, por medio de endocitosis ingresan el complejo manganeso-transferrina. Debido a sus diferentes estados de oxidación el manganeso potencialmente puede promover reacciones de óxido reducción, generando así especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), las ROS promueven la oxidación e inactivación de la dopamina. La dopamina es un neurotransmisor relacionado con la función motora y cognitiva por lo que su inactivación genera una alteración en su función.<sup>47</sup>

### **D.- Toxicidad y Efecto sobre la Salud**

El Manganeso es un elemento muy normal que puede ser encontrado en todas partes en la tierra. El manganeso pertenece a los tres elementos trazas tóxicos fundamentales, lo cual supone que no es sólo primordial para la supervivencia de los humanos, pero que además es tóxico en el momento que esta se encuentra en altas concentraciones en los humanos. Cuando no se cumple con la ración día tras día sugerida su salud disminuirá. Pero cuando es bastante alta inconvenientes de salud van aparecer.<sup>47</sup>

La toma de Manganeso por los humanos mayoritariamente tiene lugar a través de la comida, como son las espinacas, el té y las hierbas. Las comidas que contienen las más altas concentraciones son los granos y arroz, las semillas de soja, huevos, frutos secos, aceite de oliva, judías verdes y ostras. Luego de ser absorbido en el cuerpo humano el manganeso va a ser transportado por medio de la sangre al hígado, los riñones, el páncreas y las glándulas endocrinas.

<sup>47</sup>

Los efectos del manganeso en su mayoría suceden ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los indicios por intoxicación con Manganeso son alucinaciones, olvidos y perjuicios en los nervios. El Manganeso puede provocar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.<sup>47</sup>

Cuando los hombres se exponen al manganeso por un extenso tiempo el daño puede llegar a ser sustancial. Un trastorno que es causado por el manganeso tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, cefaleas e insomnio.<sup>47</sup>

Porque el Manganeso es un elemento fundamental para la salud de los humanos la carencia de este puede además provocar efectos sobre la salud.

Estos son los siguientes efectos:

- Engordar
- Intolerancia a la glucosa
- Coágulos de sangre
- Problemas de la piel
- Bajos niveles de colesterol
- Desorden del esqueleto
- Defectos de nacimiento
- Cambios en el color del pelo
- Síntomas neurológicos

## 2.2.2. LÍMITES MÁXIMOS ESTABLECIDOS

País	As (mg·kg <sup>-1</sup> )		Cd (mg·kg <sup>-1</sup> )		Pb (mg·kg <sup>-1</sup> )		Fe (mg·kg <sup>-1</sup> )		Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )		Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )		Fuente	
	Criterio	RSH	RE	RSH	RE	RSH	RE	RSH	RE	RSH	RE	RSH		RE
Holanda		576	85	28	13	622	580	NR	NR	8600	96	46100	350	RIVM (2001)
Australia		100	20	20	3	300	300	NR	NR	1000	60	7000	2000	DEP (2001)
Canadá		12	12	10	1.4	140	70	NR	NR	63	63	200	200	CEQG (2002)
EUA		22	60	37	20	400	500	23000	NR	3100	50	23000	200	US-EPA (2002)*; ORNL (1997)
México		20	20	20	20	200	100	NR	NR	NR	NR	800	300	PROFEPA (2000)

RSH: riesgo a la salud humana; RE: riesgo ecológico; NR: datos no reportados. \*: En los Estados Unidos de Norte América (EUA), los niveles de referencia varían entre las diferentes regiones. En esta tabla se presentan los que corresponden a la región 9 (Arizona, California, Hawái e Islas del Pacífico).

**Figura N° 2:**

**Fuente:** Gutiérrez, M., Romero, F., González–Hernández, M. (2007). *Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua, México*. Revista mexicana de ciencias geológicas. 24(2)

**Concentraciones totales de Arsénico, Cadmio, Plomo, Hierro, Cobre y Zinc utilizadas como niveles de referencia para la identificación de suelos contaminados en algunos países del mundo.**

## 2.3. FORMULACION DE LA HIPOTESIS

### 2.3.1. Hipótesis general

- La presencia de Contaminantes metálicos en los sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye directamente en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.

### 2.3.2. Hipótesis Específicas

- La presencia de Plomo en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye directamente en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.
- La presencia de Cadmio en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye directamente en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.
- La presencia de Manganeso en sedimentos depositados en las hojas de los árboles influye directamente en la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.

#### 2.4. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- **Contaminación.** Se define como el ingreso de sustancias u otros elementos físicos en un medio que causan que éste sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo.
- **Metales Pesados.** Metales tóxicos son los elementos cuya concentración en el ambiente puede provocar perjuicios en la salud de la gente. Los términos metales pesados y metales tóxicos se utilizan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos forman parte a los dos grupos
- **Sedimentos.** Es un material sólido juntado sobre una extensión de la tierra (litósfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos, etc).
- **Toxicocinética.** Conjunto de fenómenos que experimenta el tóxico desde su entrada a un organismo hasta su eliminación.
- **Toxicodinamia.** Es el estudio del mecanismo de acción de una sustancia por interacción molecular con los sistemas biológicos de un

organismo. La acción tóxica inducida por un xenobiótico es fruto de una lesión bioquímica inicial producida por el mismo, que es responsable de la aparición de alteraciones fisiológicas y anatomopatológicas derivadas.

## CAPÍTULO III: METODOLOGIA

### 3.1. MÉTODO

No Experimental (CORRELACIONAL-CAUSAL):

Se aplicará este tipo de investigación, ya que se señalarán datos obtenidos y la naturaleza exacta de la población.

### 3.2. NIVEL

Aplicativo: Se denomina aplicado, puesto que para los hallazgos de resultados en nuestra investigación se aplicarán instrumentos de medición donde se reportarán los indicadores que se medirán por variable.

### 3.3. TIPO DE INVESTIGACION Y DISEÑO DE INVESTIGACION

Descriptivo: porque solo se va describir la realidad observada, se busca conocer si existe relación entre las dos variables

#### DISEÑO A UTILIZAR

Correlacional: El objetivo que se busca es conocer si existe relación entre una variable y otra

Donde:

$$M1 = O_x \text{ r } O_y$$

**M1**= vendedores ambulantes

**O<sub>x</sub>** = concentraciones de metales pesados

**O<sub>y</sub>** = salud

### 3.4. POBLACION Y MUESTRA

#### 3.4.1. Población

La población estará conformada por los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de La Victoria y serán aproximadamente 40 trabajadores ambulantes.

### 3.4.2. Muestra

La población estará conformada por todos los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de La Victoria y serán aproximadamente 40 trabajadores ambulantes.

La selección de la muestra será **no probabilística de tipo intencional**, utilizando los siguientes criterios para la selección:

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Trabajadores ambulantes de la Av. Manco Cápac en el distrito de la Victoria.</li><li>2. Trabajadores ambulantes con más de un año laborando en la Av. Maco Cápac en el distrito de la Victoria.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Trabajadores de Avenida paralelas a la Av. Manco Cápac</li><li>2. Trabajadores de Locales comerciales de la Av. Manco Cápac</li><li>3. Transeúntes</li><li>4. Residentes de la Av. Manco Cápac.</li></ol>

**Tabla N°1:**

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

Criterios que se tomará en cuenta para la selección o descarte de la **muestra**.

## 3.5. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

### 3.5.1. TÉCNICAS

#### ***Espectrofotometría de Absorción Atómica:***

Fundamento del método de espectrofotometría de Absorción Atómica por Flama.

La **Espectrofotometría de absorción atómica** (AAS por sus siglas en inglés), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda

determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan valores energéticos cuya delta en energía sea correcta en valor a la energía de los fotones incidentes. La proporción de fotones absorbidos, está fundamentada por la Ley de Beer, que relaciona ésta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda que tiene los átomos absorbedores.<sup>48</sup>

La Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) en flama es a la fecha la técnica más ampliamente utilizada para determinar elementos metálicos y metaloides. Esta técnica tiene grandes convenientes y es de costo relativamente bajo, pudiéndose aplicar tal técnica a una gran variedad de muestras.<sup>48</sup>

La técnica de absorción atómica en flama en una manera concisa se compone de lo siguiente: la matriz en forma líquida es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde ésta se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido.<sup>48</sup>

Las gotas formadas son conducidas a una flama, donde se produce una secuencia de eventos que originan la formación de átomos. Estos átomos absorben cualitativamente la radiación emitida por la lámpara y la proporción de radiación absorbida está en funcionalidad de su concentración. La señal de la lámpara cuando pasa por la flama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que se asocian a la línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor y pasa a un amplificador y finalmente a un sistema de lectura.<sup>48</sup>

### **3.5.2. ENCUESTAS**

Para el presente estudio se aplicará la técnica de la encuesta, ya que nos permitirá elaborar un conjunto de preguntas cerradas, de acuerdo a la naturaleza de la investigación. Los mismos abordaron a los temas de investigación de concentración de Contaminantes metálicos:

- Concentración de Plomo
- Concentración de Cadmio

- Concentración de Manganeso

- El instrumento será el Cuestionario

Se trabajará con instrumentos validados que permitan medir concentración de Contaminantes metálicos:

- Concentración de Plomo

- Concentración de Cadmio

- Concentración de Manganeso

Si fuera necesario se adecuarán los instrumentos para luego validarlos ante el juicio de expertos.

### **3.5.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Luego de la recolección de las hojas de los árboles de la av. Manco Cápac, se procede a la obtención de la muestra, para finalmente procesarlas. Para esto se tuvo en cuenta los siguientes pasos:

- **Obtención del Sedimento:**

- Con una brocha se retira el sedimento de las hojas de sauce, tratando de que este sea uniforme y homogéneo.

- El sedimento se coloca en una bolsa plástica herméticamente cerrada. Se rotula la bolsa plástica según la cuadra respectiva.

- **Digestión de la muestra:**

- Luego se procedió a pesar en la balanza analítica 1 gramo por cada muestra (sedimento).

- Se realizó el pesado de las 80 muestras tomando nota de los pesos exactos en una hoja de trabajo.

- Se rotulan los recipientes que contendrán las muestras, según la codificación establecida. Se vacían los sedimentos a cada recipiente.
- Una vez depositados los sedimentos en los recipientes, se agregan 2 ml HNO<sub>3</sub>, 6 ml HCL y 1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a cada uno. Por seguridad se realiza el trabajo en campana.
- Después de colocar los reactivos, encendemos la plancha de calentamiento a 230°C para la digestión de la muestra.
- Se dejan evaporar los reactivos y nuevamente se agrega los tres reactivos en las mismas cantidades: 2 ml HNO<sub>3</sub>, 6 ml HCL y 1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- Se observa el vapor amarillo formado por la acción del ácido con la materia orgánica.
- Una vez disipados los vapores se retiran los recipientes de la plancha, y se deja enfriar antes de ponerlo a la superficie.
- Se homogeniza la muestra y se filtra con ayuda del filtro de jeringa nanopure de 0.45 µm a los tubos cónicos ya rotulados.
- Se enraza el filtrado a 50 ml con agua ultrapura y está lista para su lectura.

### **3.6. LECTURA DE LA MUESTRA**

Luego de procesar las muestras recolectadas, se procedió a la lectura de estas para la determinación y cuantificación de Plomo y Cadmio. El análisis se realizó mediante el método de Espectrofotometría de absorción atómica por Flama llevado a cabo en el Laboratorio CETOX S.A.C.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

### TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANALISIS DE DATOS Y RESULTADO

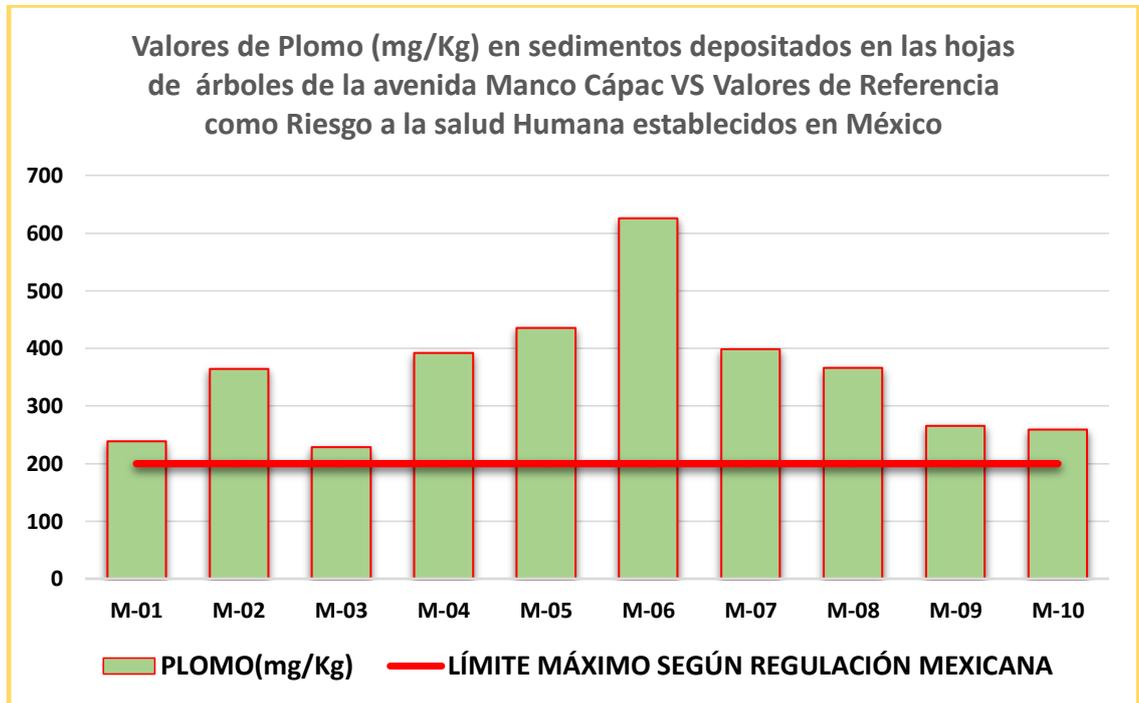
N°	CÓDIGO	METALES PESADOS		
		PLOMO(mg/Kg)	CADMIO (mg/Kg)	MANGANESO(mg/Kg)
1	M-01	238,42	22.34	66,35
2	M-02	364,58	19.57	59,59
3	M-03	228,65	<b>28.32</b>	<b>68,47</b>
4	M-04	392,46	16.25	51,26
5	M-05	435,57	22.15	41,36
6	M-06	<b>625,58</b>	16.24	51,28
7	M-07	398,47	19.57	35,58
8	M-08	365,87	16.87	36,48
9	M-09	265,49	26.32	41,57
10	M-10	259,47	12.32	25,16

**Tabla N° 2:**

**Valores de Plomo, Cadmio y Manganeso hallados en los sedimentos depositados en los árboles de la avenida Manco Cápac – La Victoria**

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

**Interpretación:** En esta tabla podemos apreciar los valores hallados de Plomo, Cadmio y Manganeso de la avenida Manco Cápac, siendo los valores máximos 625.58, 28.32, 68.47 ppm respectivamente, superando los límites de máximos de los estándares Internacionales permitibles.

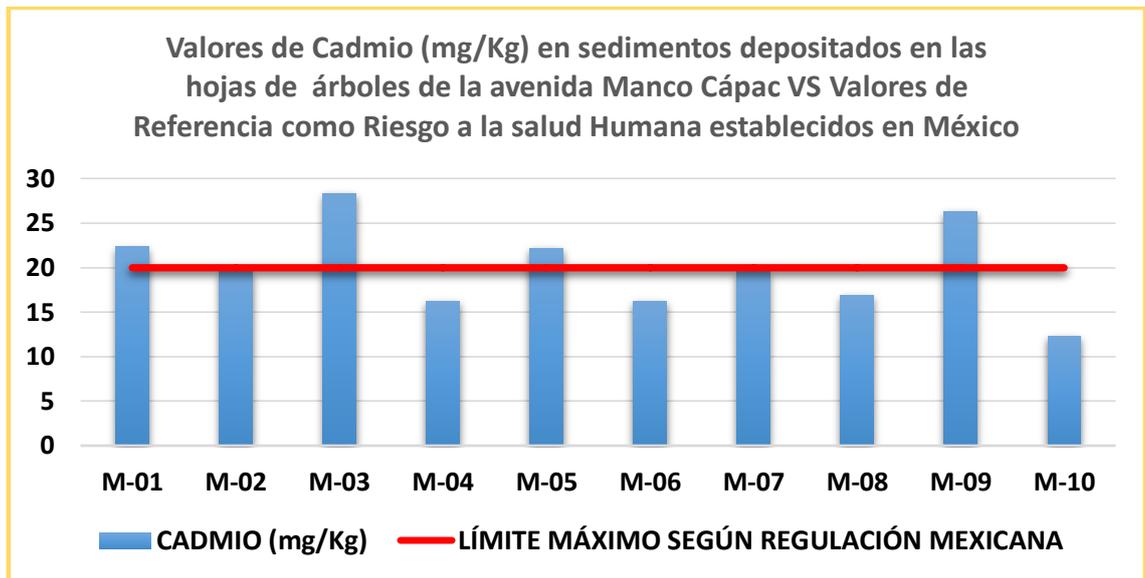


**Figura N°3:**

**VALORES DE PLOMO (mg/kg) EN SEDIMENTOS DEPOSITADOS EN LAS HOJAS DE ÁRBOLES DE LA AVENIDA MANCO CÁPAC VS VALORES DE REFERENCIA COMO RIESGO PARA LA SALUD HUMANA ESTABLECIDOS EN MEXICO**

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

**Interpretación:** En esta figura se puede observar que todos los valores de Plomo (mg/kg) hallados en los sedimentos depositados en árboles de la avenida Manco Cápac, dando como valor promedio 357.45 mg/Kg superando el valor de referencia establecido como Riesgo para la Salud Humana.

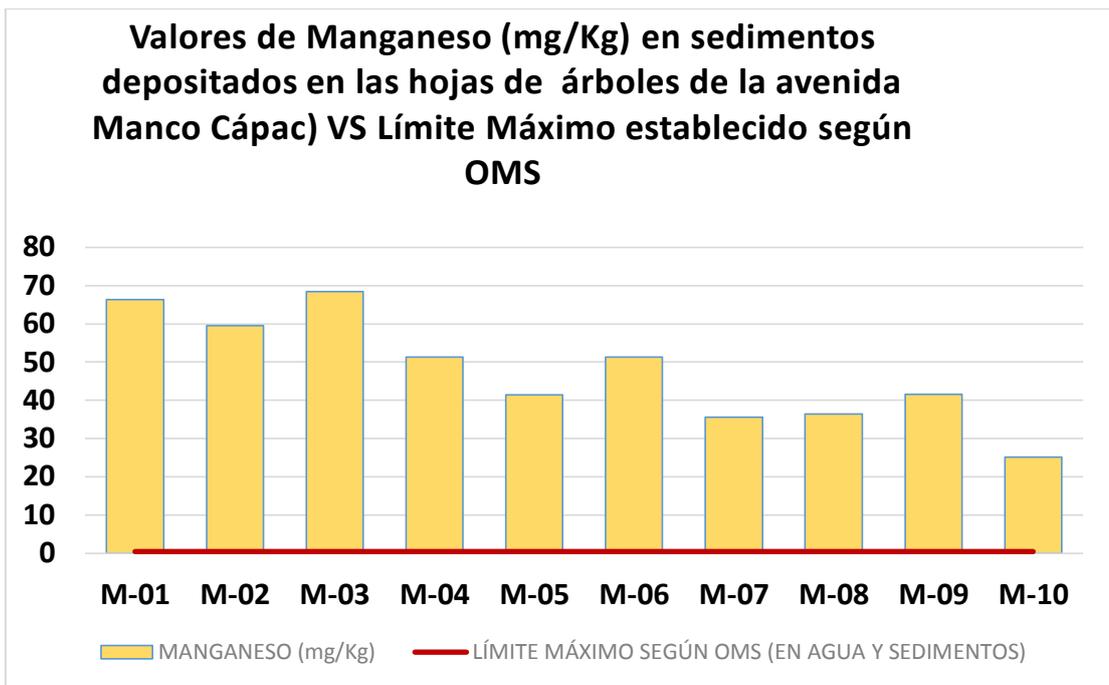


**Figura N° 4:**

**VALORES DE CADMIO (mg/kg) EN SEDIMENTOS DEPOSITADOS EN LAS HOJAS DE ÁRBOLES DE LA AVENIDA MANCO CÁPAC VS VALORES DE REFERENCIA COMO RIESGO PARA LA SALUD HUMANA ESTABLECIDOS EN MEXICO**

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

**Interpretación:** En esta figura se puede observar que cuatro (04) muestras de sedimentos depositados en árboles de la avenida Manco Cápac, superan el valor de Cadmio (mg/kg) de referencia establecido como Riesgo para la Salud Humana, según la regulación Mexicana. Además el valor promedio es de 20 mg/Kg el cual se encuentra en el límite máximo establecido.

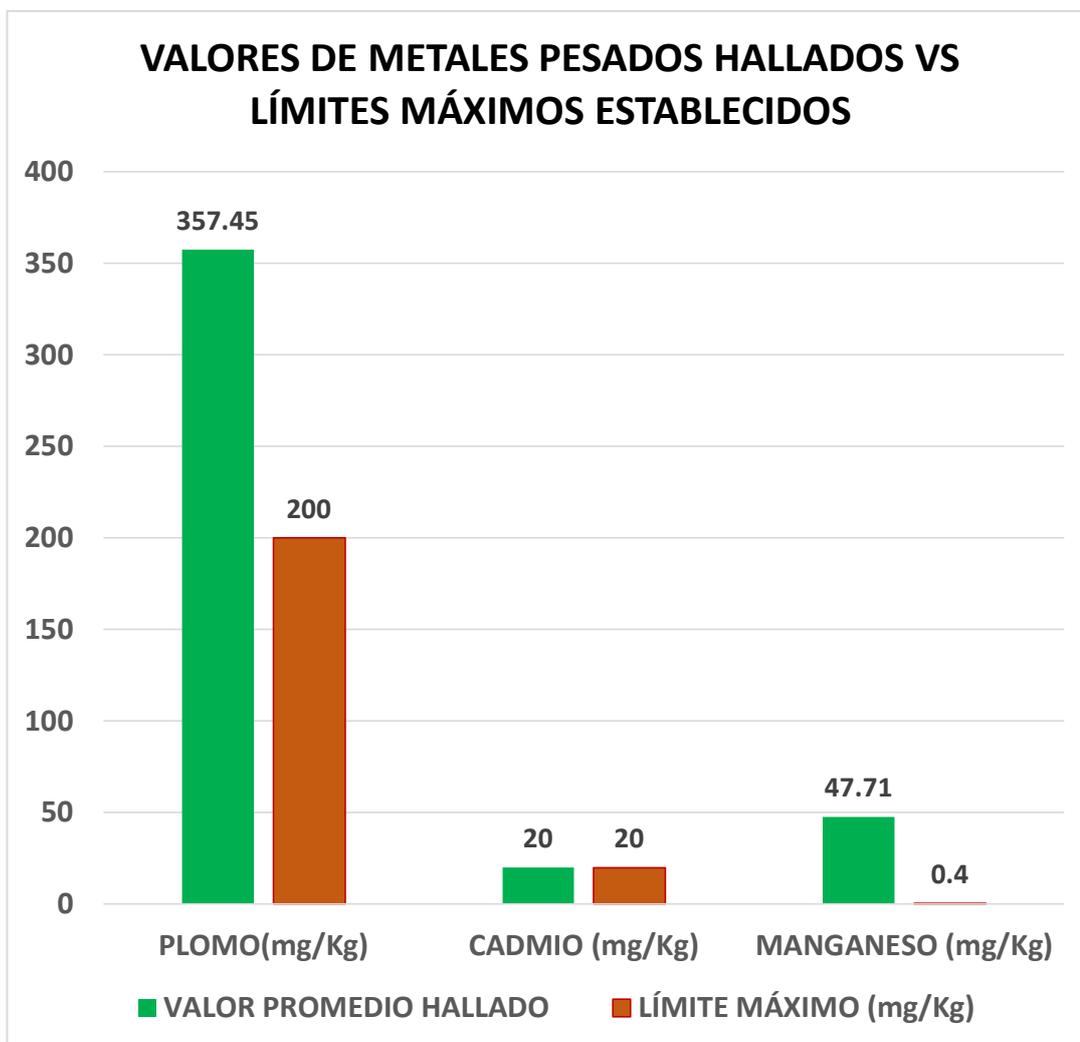


**Figura N° 5:**

VALORES DE MANGANESO (mg/kg) EN SEDIMENTOS DEPOSITADOS EN LAS HOJAS DE ÁRBOLES DE LA AVENIDA MANCO CÁPAC VS LÍMITE MÁXIO ESTABLECIDO SEGÚN OMS

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

**Interpretación:** En esta figura se puede observar que todos los valores de Manganeso (mg/Kg) hallados en los sedimentos depositados en árboles de la avenida Manco Cápac., superan ampliamente el valor establecido de 0.4 mg/Kg, por lo cual el promedio 47.71 también supera los límites.



**Figura N° 6:**

PROMEDIO DE VALORES DE METALES PESADOS HALLADOS EN LOS SEDIAMENTOS DEPOSITADOS EN LAS HOJAS DE ÁRBOLES DE LA AVENIDA MANCO CÁPAC VS LÍMITES MÁXIMOS ESTABLECIDOS

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

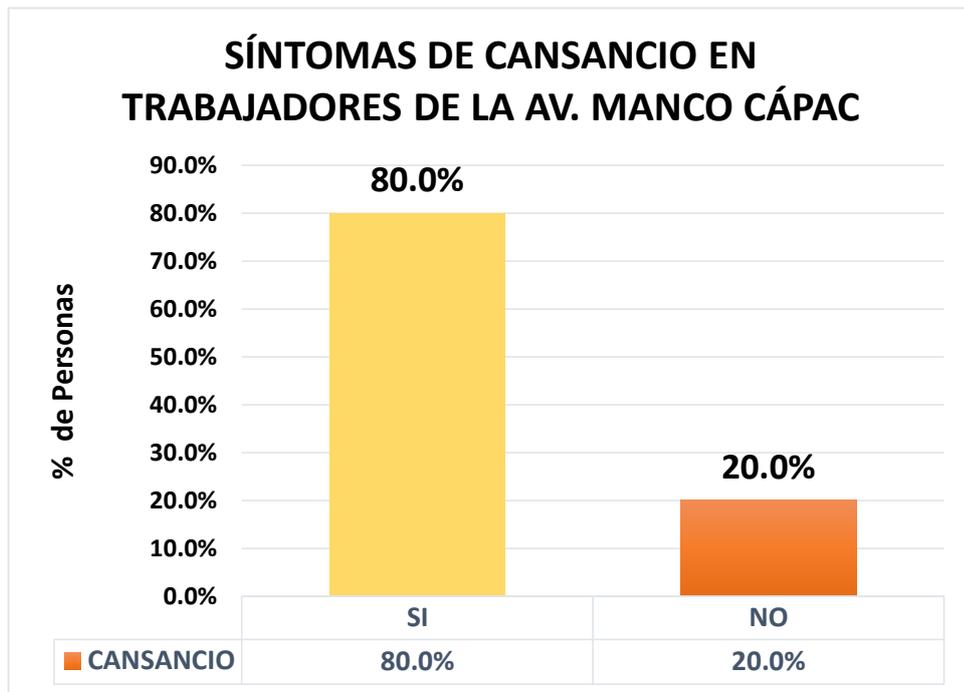
**Interpretación:** En esta figura se puede observar que todos los valores de Manganeseo (mg/Kg) hallados en los sedimentos depositados en árboles de la avenida Manco Cápac., superan ampliamente el valor establecido de 0.4 mg/Kg, por lo cual el promedio 47.71 también supera los límites.

DATOS GENERALES DE LOS ENCUESTADOS				FUMIA	TIENE HIJOS MENORES DE 3 AÑOS QUE PRESENTE ALGÚN TIPO DE COMPLICACIÓN	PLOMO							CADMIO							Manganeso			Presenta alguna otra complicación o enfermedad
EDAD	SEXO	TIEMPO LABORANDO EN LA ZONA	TIPO DE PRODUCTO DE VENTA			Cansancio	Vómitos	Estreñimiento	Insomnio	Coloración azul-gris en las encías	Dolores musculares	Olvidarse de las cosas	Tos frecuente	Fractura de Huesos	Dolores de espalda	Coloración amarilla en los dientes	Pérdida de peso	Dolores fuerte de cabeza	Aborto o problemas al menstruar	Hipertensión arterial	Torpeza para caminar o hacer las cosas	Lentitud en los movimientos	
35	F	30 MESES	FRUTAS	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
45	F	66 MESES	JUGO DE NARANJA	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO
35	M	24 MESES	CHICHARRÓN	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
45	F	48 MESES	JUGO DE NARANJA	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO
44	M	36 MESES	GOLOSINAS	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
24	F	18 MESES	FRUTAS	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
31	F	36 MESES	FRUTAS	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
29	F	24 MESES	CHICHARRÓN	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
50	F	60 MESES	JUGO DE NARANJA	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO
39	M	36 MESES	GOLOSINAS	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO

**Tabla N° 3:**

**TABLA DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS TRABAJADORES DE LA AVENIDA MANCO CAPAC RELACIONADO A LOS EFECTOS TOXICOLÓGICOS DEL PLOMO, CADMIO Y MANGANESO**

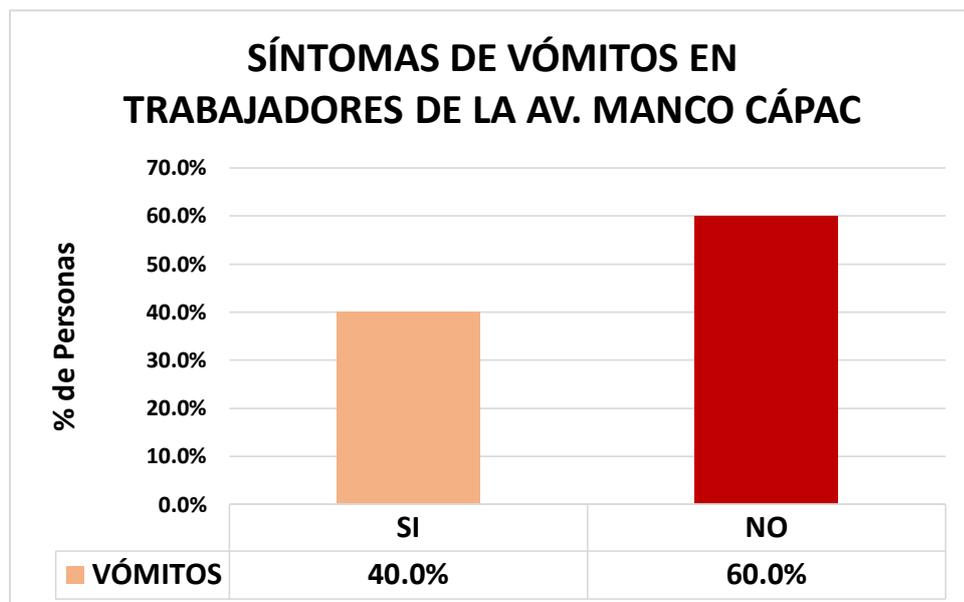
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 7:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTAN SÍNTOMAS DE CANSANCIO

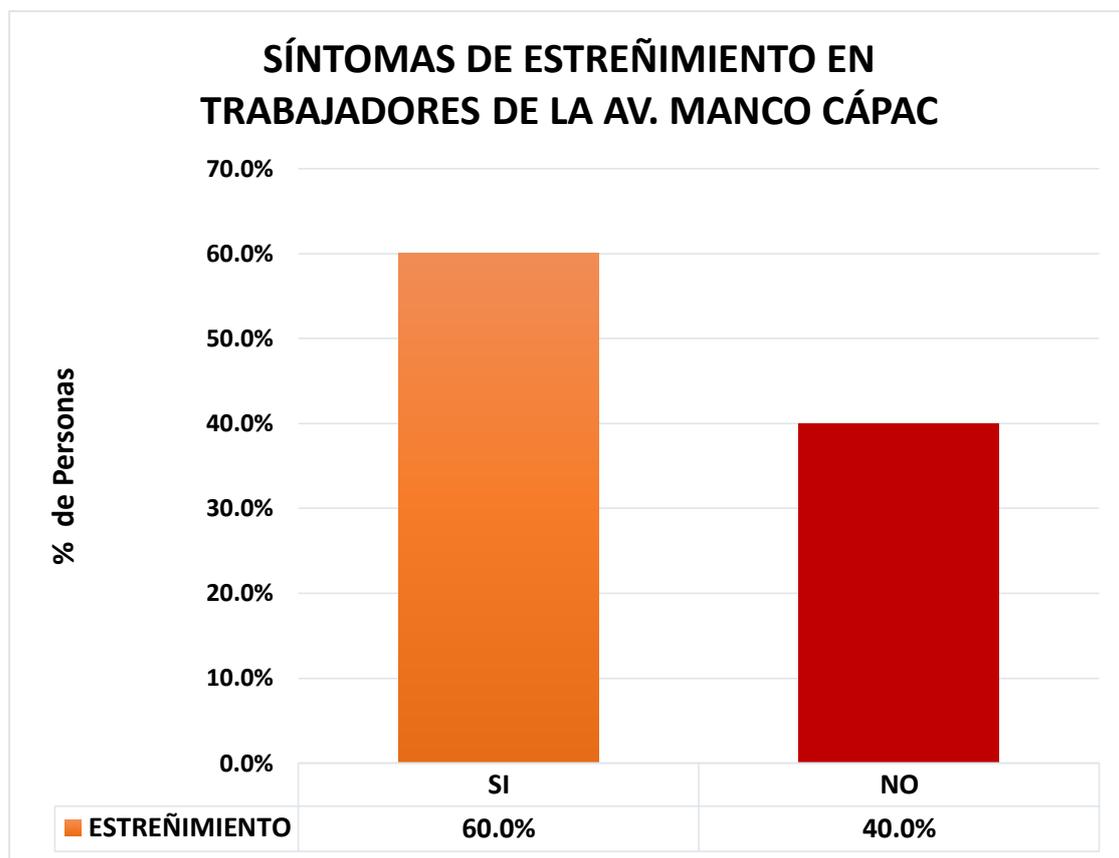
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 8:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTAN SÍNTOMAS DE VÓMITOS

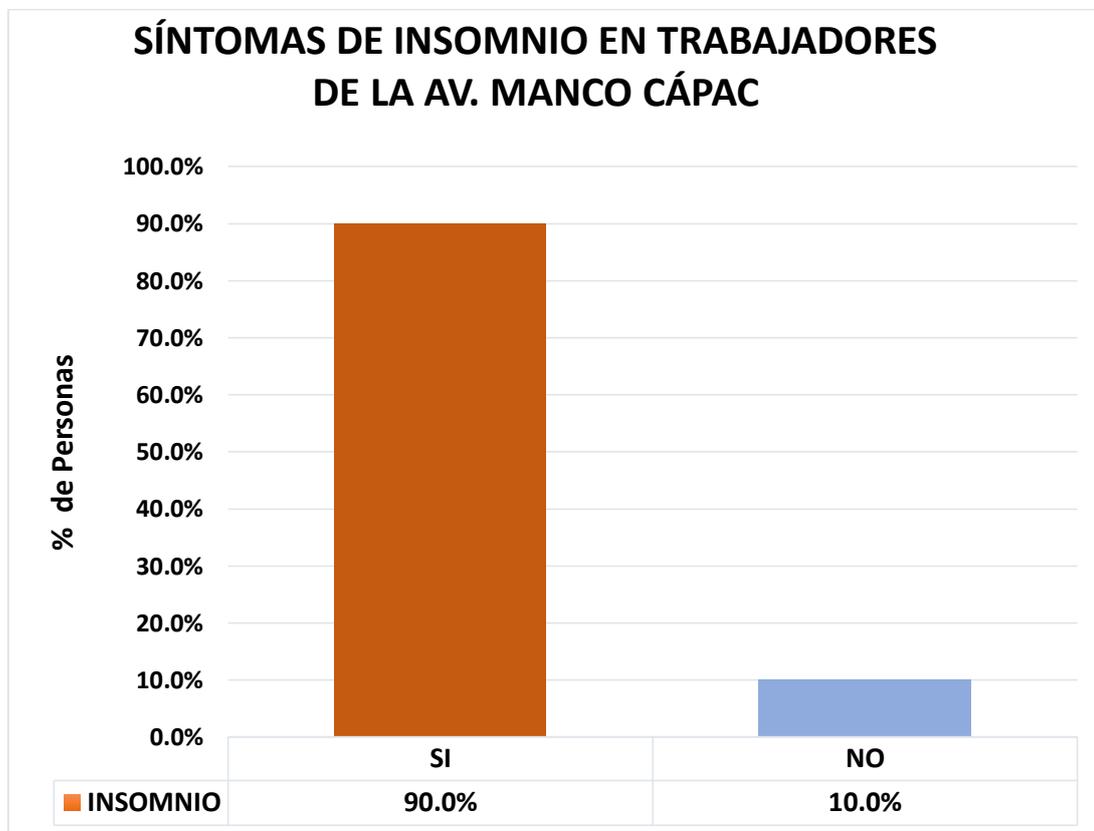
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 9:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTAN SÍNTOMAS DE ESTREÑIMIENTO

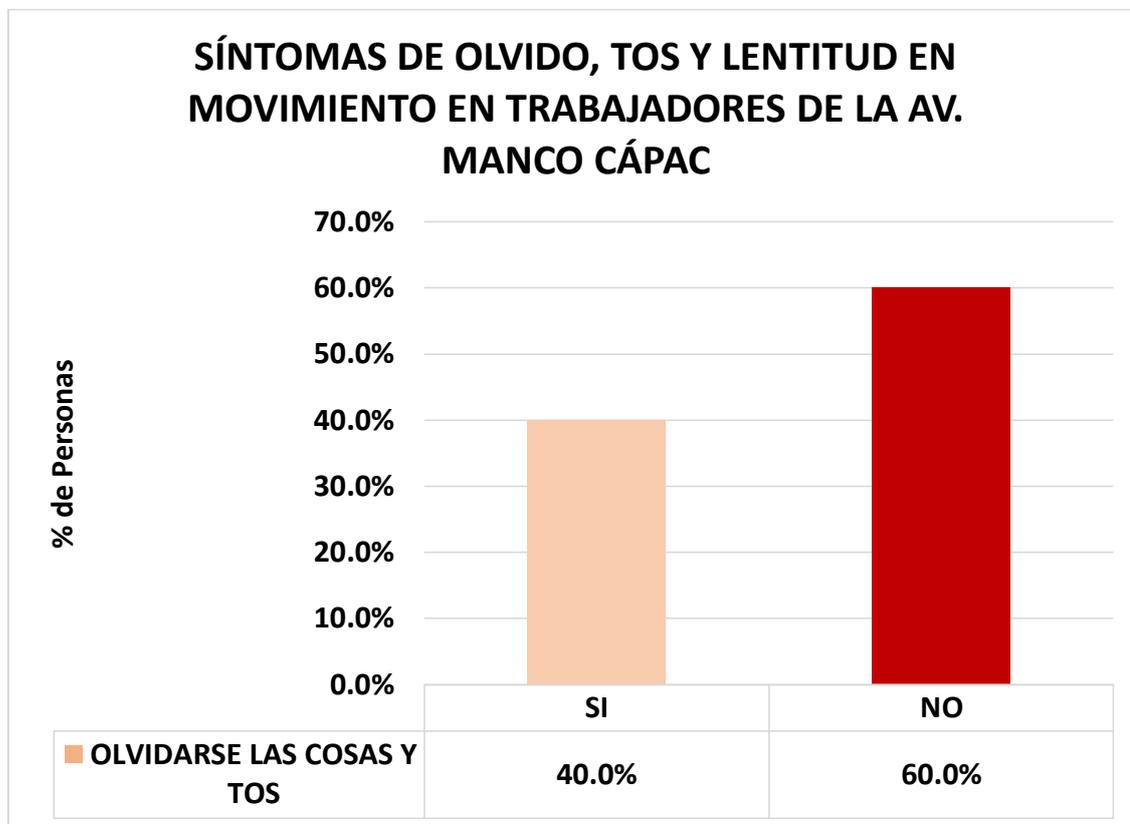
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 10:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTAN SÍNTOMAS DE INSOMNIO

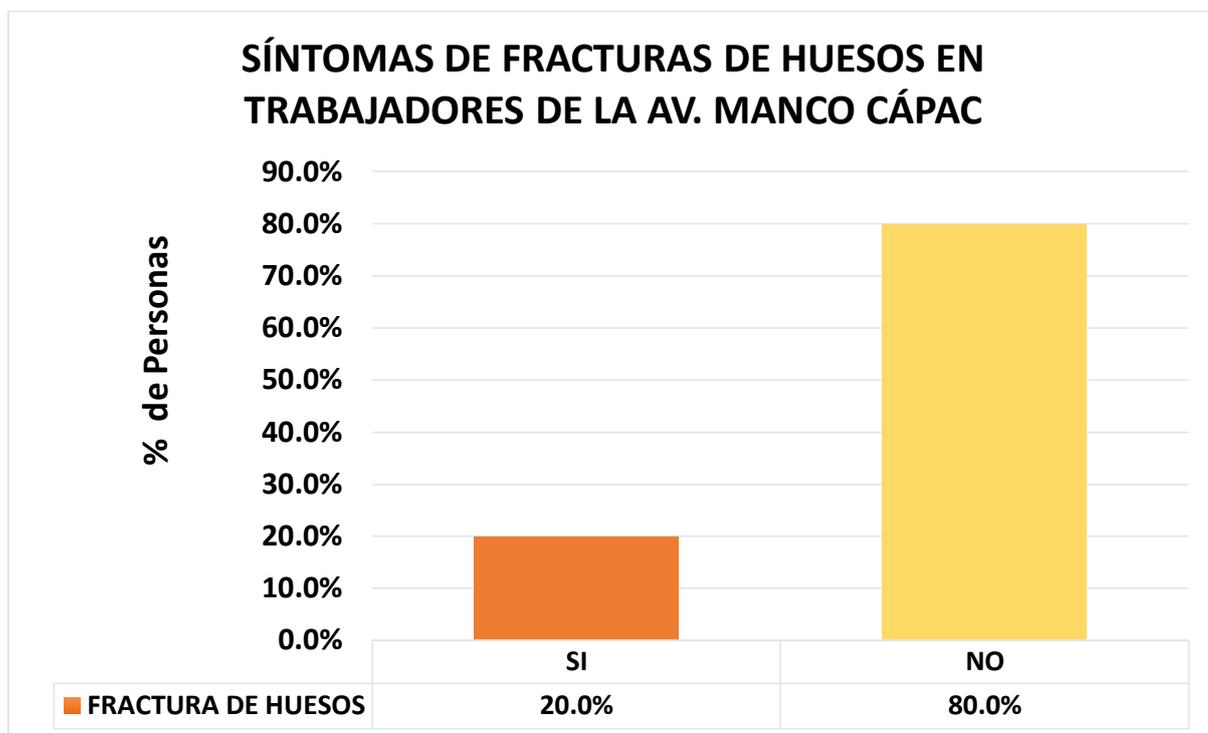
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 11:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE MANIFIESTAN OLVIDARSE LAS COSAS, TOS FRECUENTE Y LENTITUD EN MOVIMIENTOS

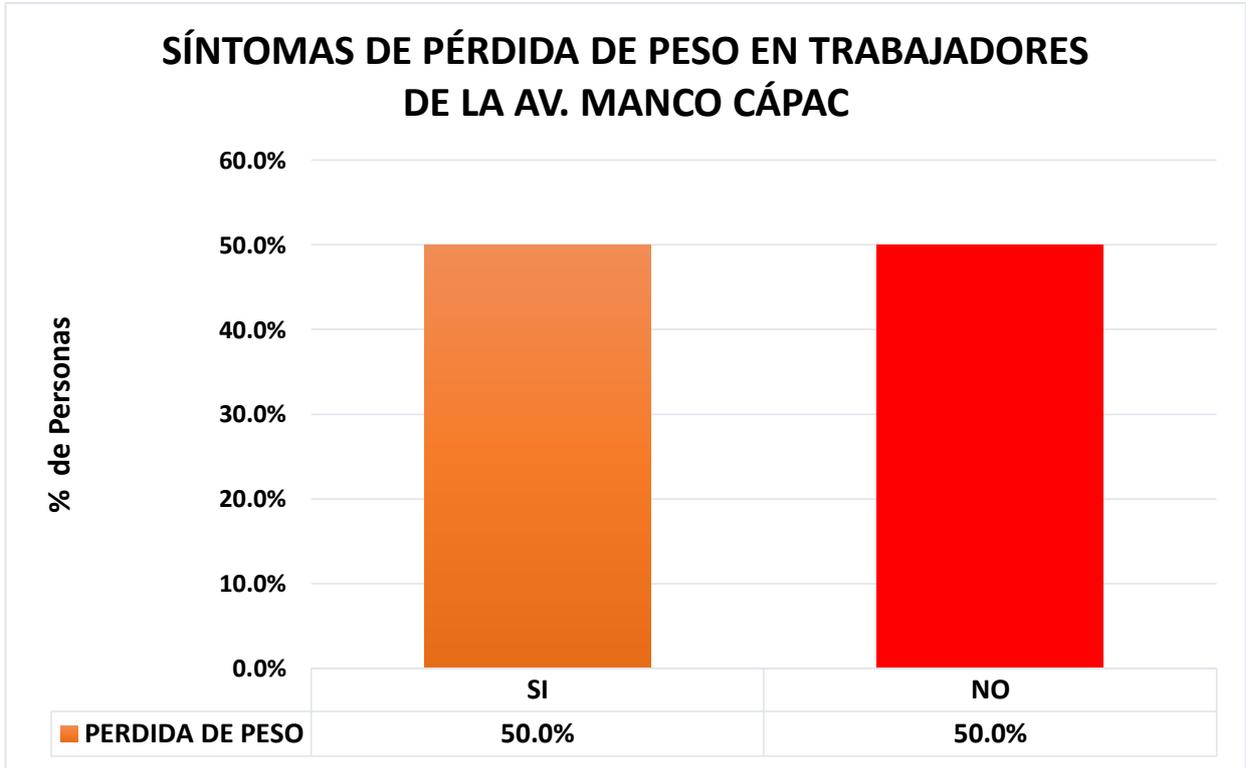
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 12:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE MANIFIESTAN FRACTURA DE HUESO

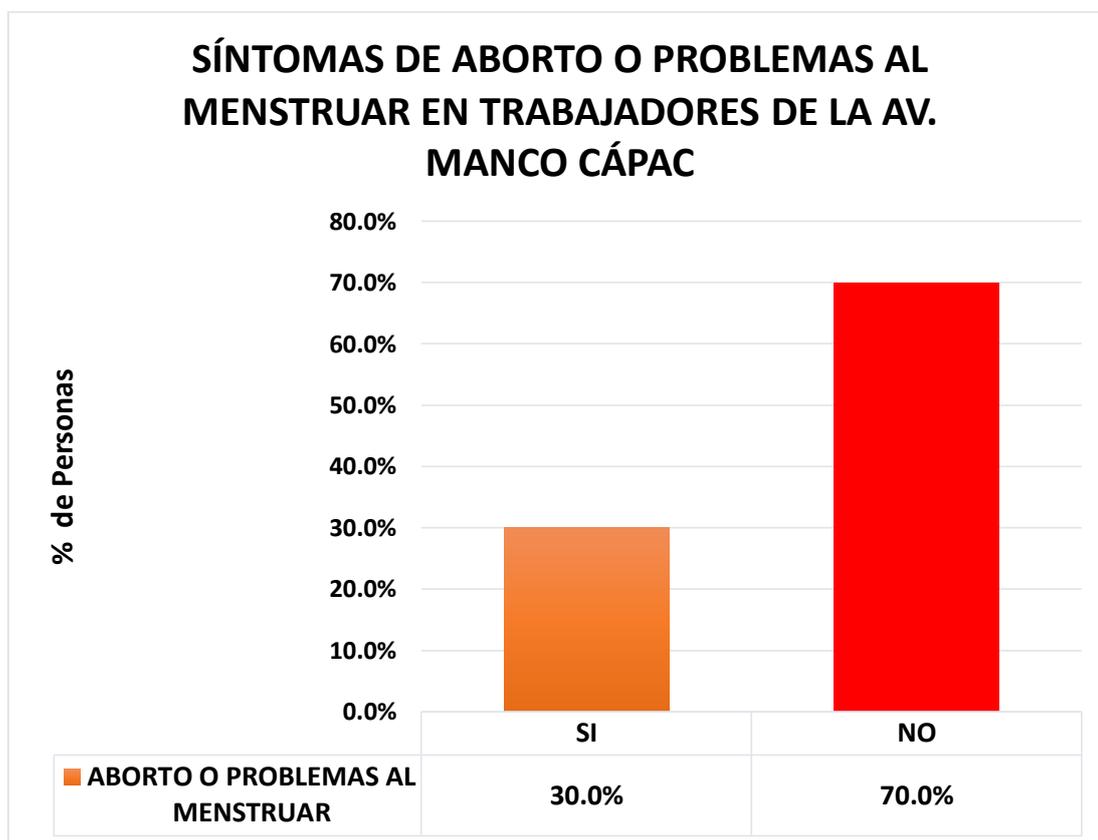
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 13:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE MANIFIESTAN PÉRDIDA DE PESO

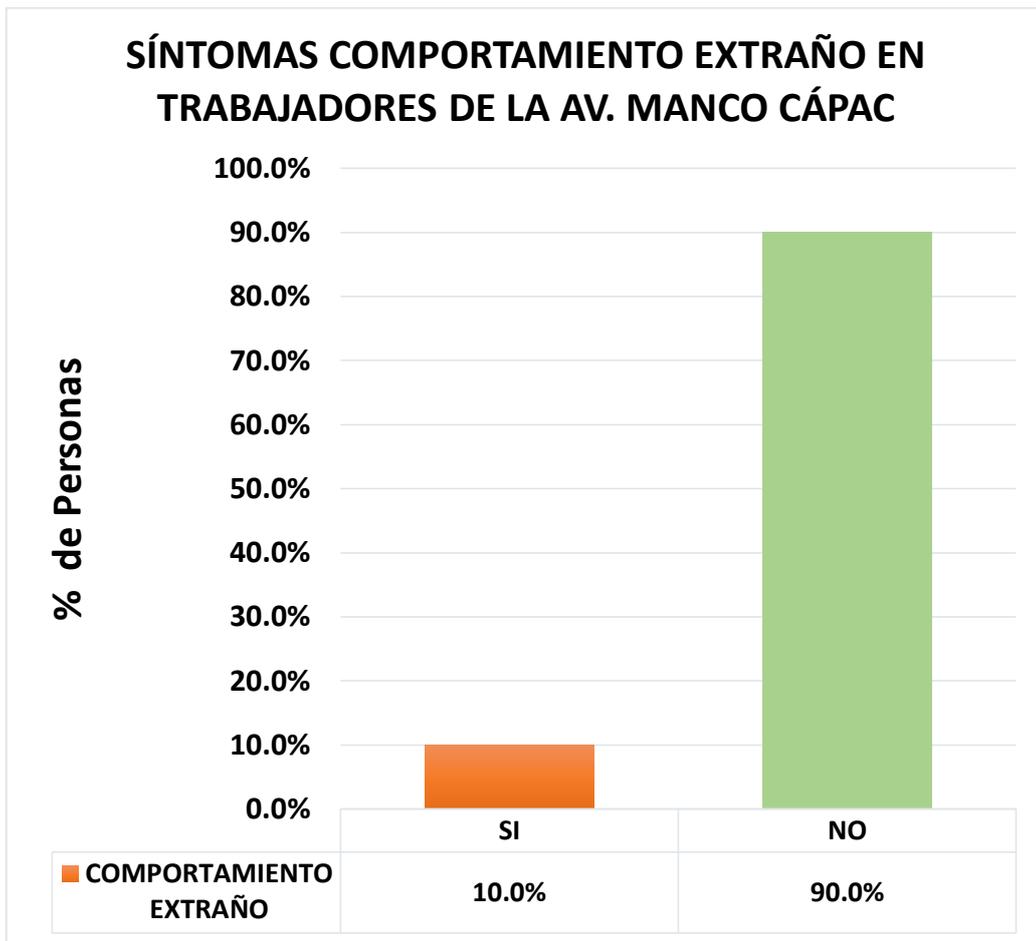
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 14:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTA SÍNTOMAS DE ABORTO O PROBLEMAS AL MENSTRUAR

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

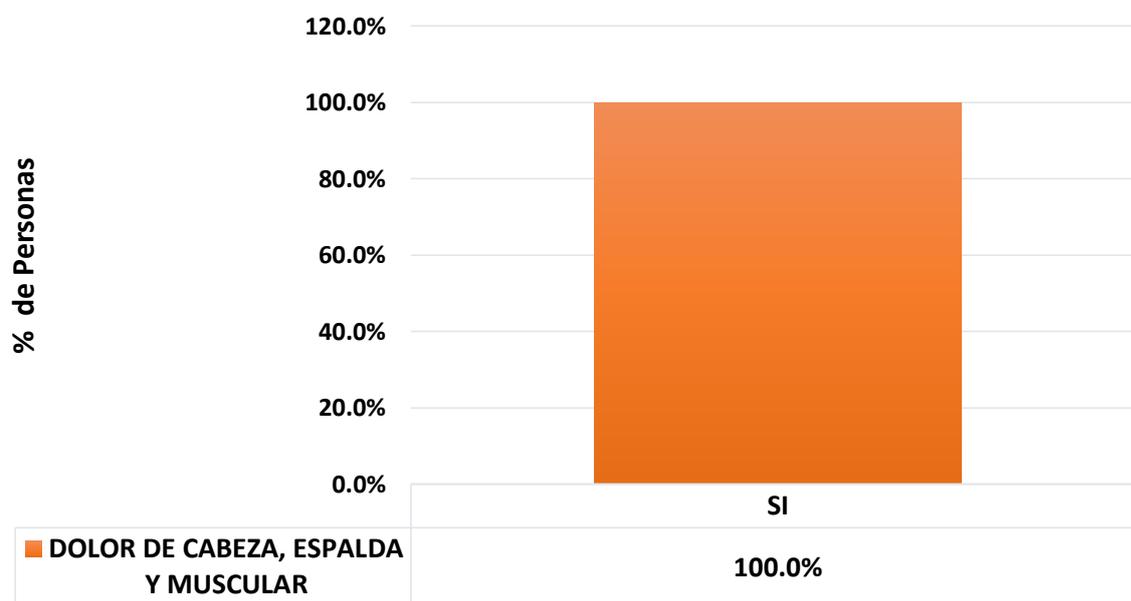


**Figura N° 15:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTA SÍNTOMAS DE COMPORTAMIENTO EXTRAÑO

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

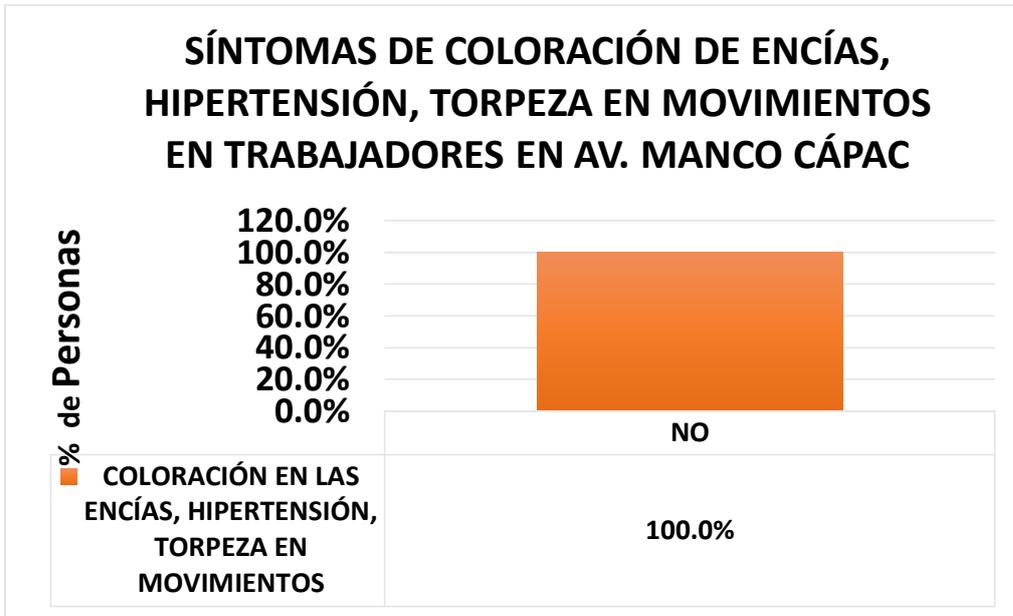
### SÍNTOMAS DE DOLOR MUSCULAR, DE ESPALDA Y CABEZA EN TRABAJADORES EN AV. MANCO CÁPAC



**Figura N° 16:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTA SÍNTOMAS DE DOLOR DE CABEZA, ESPALDA Y MUSCULAR

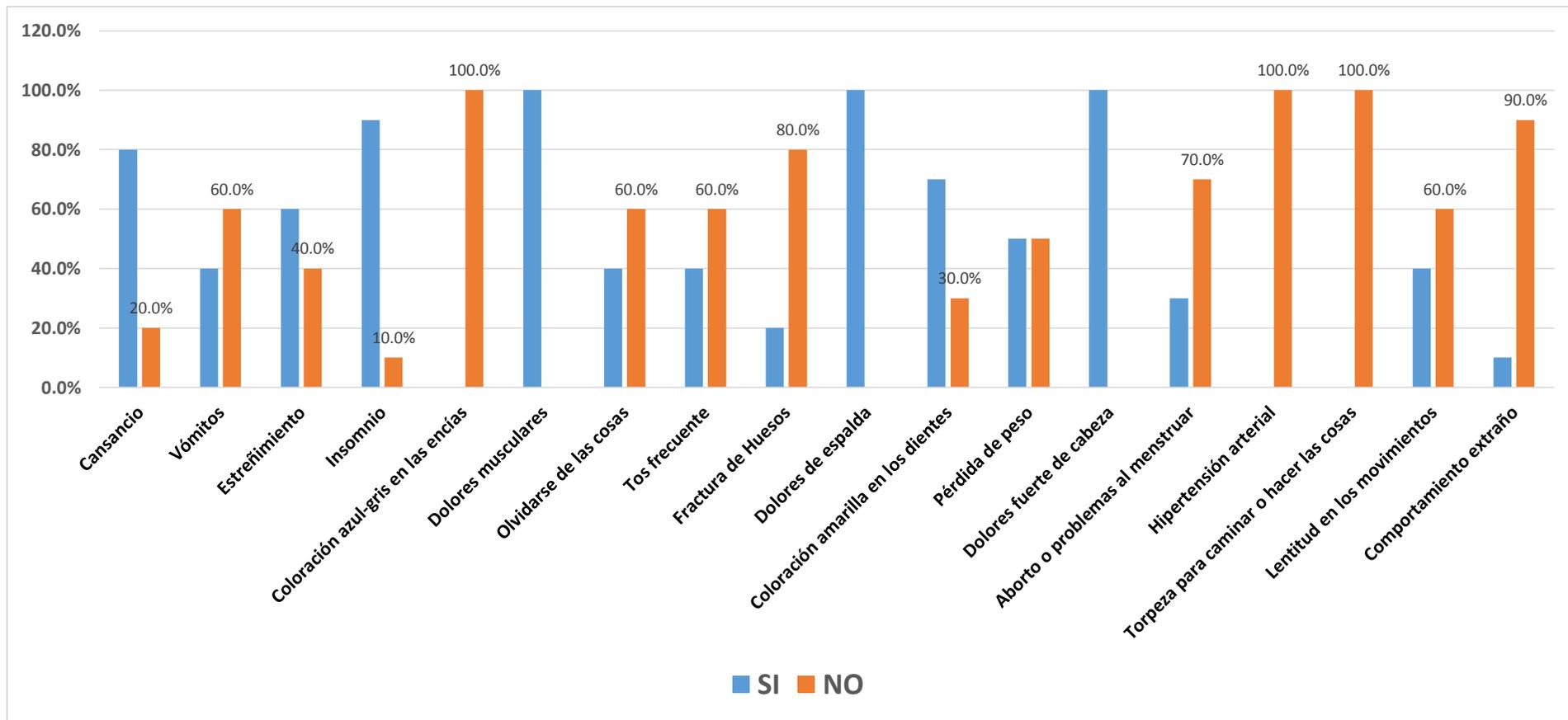
**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 17:**

PORCENTAJE DE TRABAJADORES ENCUESTADOS QUE PRESENTA SÍNTOMAS DE COLORACIÓN EN LAS ENCÍAS, HIPERTENSIÓN O TORPEZA EN MOVIMIENTOS

**Fuente:** Elaborada por los investigadores



**Figura N° 18:**

SÍNTOMAS EN LOS TRABAJADORES DE LA AVENIDA MANCO CAPAC RELACIONADOS CON LA TOXICIDAD DE LOS METALES PESADOS: PLOMO, CADMIO Y MANGANESO.

**Fuente:** Elaborada por los investigadores

#### 4.1. DISCUSION DE RESULTADOS

- De acuerdo a un estudio realizado en sedimentos del río Nanay en muestras tomadas desde caserío Libertad, hasta su desembocadura en el río Amazonas dan un valor promedio de Plomo de 0,111 ppm(mg/kg).En este estudio se encontró un valor promedio de plomo 357.45 mg/Kg superando los valores permitidos según la norma Mexicana.
- En un estudio realizado de Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular, El Pb no excedió el estándar de calidad del aire establecido para Venezuela, pero su concentración promedio en la zona de emisión fue de 1.13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , muy cercano al límite diario permitido en Venezuela y por la EPA. .En este estudio se encontró un valor promedio de plomo 357.45 mg/Kg superando los valores permitidos según la norma de México.
- En un estudio realizado sobre las concentraciones de Plomo y cadmio en suelos superficiales de parques y plazas públicas, en tres municipios del área metropolitana de Monterrey, nuevo León, México se detectó que en la muestra M6, dos de las fracciones de suelo, la menor que 2 mm y la menor que 0.250 mm, presentaron concentraciones de plomo superiores a las establecidas como CRT en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (400mg/kg. En este investigación la M-06 es la supera las concentraciones de Plomo permitido con una concentración de 625,58 mg/Kg.
- En un estudio realizado sobre las concentraciones de Plomo y cadmio en suelos superficiales de parques y plazas públicas, en tres municipios del área metropolitana de Monterrey, nuevo León, México, las concentraciones de cadmio obtenidas estuvieron por debajo de lo establecido por la normativa mexicana (37 mg/kg). En este estudio las concentraciones de Cadmio estuvieron al límite permisible por la normativa mexicana.

# CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

1. Luego de realizar la presente tesis, se concluye que: el valor promedio de Plomo y Manganeso superan los límites máximos establecidos como Riesgo para la Salud Humana, según la Regulación Mexicana y la OMS (respectivamente), y el Cadmio se encuentra en el límite máximo del Riesgo para la salud humana, según la sintomatología de los trabajadores encuestados el metal de mayor implicancia en la salud es el Plomo y Cadmio ya que los síntomas de mayor prevalencia están asociados a los efectos tóxicos de estos metales.
2. Los sedimentos depositados en las hojas de los árboles en la Av. Manco Capac en el Distrito de la Victoria, presentan un valor promedio de Plomo de de 357.45 mg/Kg, superando todas las muestras el valor límite de 200 mg/Kg. Este porcentaje relacionado con la salud de los trabajadores nos indica que la sintomatología más frecuente son los dolores musculares con un 100% y cansancio con un 80%
3. En el caso de Cadmio se determina que cuatro (04) muestras superan el valor límite de 20 mg/Kg, representando estas, un 40% de la población estudiada. Además el valor promedio es de 20 mg/Kg el cual se encuentra en el límite máximo establecido. Este porcentaje relacionado con la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Capac nos indica que la sintomatología más frecuente son los dolores de espalda y dolores fuertes de cabeza con un 100%.
4. Para el valor de Manganeso se determina que todas las muestras superan ampliamente el valor establecido de 0.4 mg/Kg, por lo cual el promedio 47.71 también supera los límites. Este porcentaje relacionado con la salud de los trabajadores ambulantes de la Av. Manco Capac nos da una incidencia mínima del efecto del Manganeso la salud de los trabajadores siendo la lentitud en los movimientos la sintomatología más frecuente con un 40%.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Debido a que los valores hallados de Plomo, Manganeso y Cadmio superan los parámetros establecidos se recomienda:

1. Seguir con estudios que analicen una mayor cantidad de muestras.
2. Realizar evaluaciones en mayor cantidad de trabajadores para evaluar en qué magnitud influye la presencia de estos metales en el ambiente o la salud de los trabajadores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Morton-Bermea, O. (2006). *Contenido de metales pesados en suelos superficiales de la ciudad de México*. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 9(1):45-47
2. La Dou, J. (1999). *Medicina Laboral y Ambiental*. 2<sup>a</sup>. Edición. México: Ed. El Manual Moderno.
3. Galán, E., Romero, A. (2004). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*. Conferencia.  
Disponible en: [http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)
4. Márquez, F. *Introducción a la Toxicología ambiental*. Departamento de Ingeniería Química Universidad de Concepción, Chile
5. Anaya, D., Encinas, L. (2007). *Determinación de metales pesados en agua residual en proceso de Galvano plastia*. [citado 13 de Noviembre del 2012]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1533>
6. *Crecimiento del parque automotor asfixia a Lima*. (2013). Expreso.pe  
Disponible en: <http://www.expreso.pe/noticia/2013/02/10/crecimiento-del-parque-automotor-asfixia-lima>
7. *Especiación de metales en sedimentos*. Disponible en: [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6978/06MetalesEnSedimento\\_s01.pdf?sequence=40](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6978/06MetalesEnSedimento_s01.pdf?sequence=40)
8. *Crece contaminación en la Av. Abancay* (2011). LaRepublica.pe

Disponible en: <http://www.larepublica.pe/28-06-2006/crece-contaminacion-en-la-av-abancay>

9. Machado, A., García, N., García, C., Acosta, L., Córdova, A., Linares, M., Velásquez, H. (2008). *Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular*. [Versión electrónica]. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 24(4). Consultado el 10 de mayo de 2013.

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992008000400003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992008000400003)

10. Carrasquero, A. (2006). *Determinación de los niveles de contaminación con Plomo en los suelos y polvo de las calles de la ciudad de Maracay*. Agronomía Tropical. 56(2): 237-252.
11. Body, P., Dolan, P., Mulcahy, D. (1991). *Environmental lead: a Review*. En: Critical Review in Environmental Control. 20 (5): 299-310.
12. Reyes, M., Avendaño, G. *Estudio ambiental sobre el riesgo ecológico que representa el plomo presente en el suelo*. Rev. esc.adm.neg. 72: 66-75.
13. Pérez, P., Azcona, M. (2012). *Los efectos del cadmio en la salud*. Revista Española Médica Quir. [Versión electrónica]. Consultado el 08 de Enero de 2013; 17(3):199-205. Disponible en: [http://www.nietoeditores.com.mx/download/especialidades\\_mq/2012/Julio-Septiembre/EMQ%203.12%20Los%20efectos.pdf](http://www.nietoeditores.com.mx/download/especialidades_mq/2012/Julio-Septiembre/EMQ%203.12%20Los%20efectos.pdf)
14. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. (2008). *Toxicological Profile for Cadmium*. U.S. Department of Health and Humans Services, Public Health Service, Centers for Diseases Control Atlanta. .

15. Dunnick, J., Fowler, B. (1988). *Cadmium. En Handbook on Toxicology of inorganic compounds*. Seiler HG, Sigel A (eds). Marcel Deker (pp 156-174). New York.
16. Satarug, S., Baker, J., Urbenjapol, S., Haswell-Elkins, M., Reilly, P. and Williams, J. (2003). *A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population*. *Toxicol Lett.* 137:65–83.
17. Rodríguez-López, M., Navarro, M., Cabrera, C., López, M. (2001). *Elementos Tóxicos en Alimentos, Bebidas y Envases. Alimentaria*. (pp. 23-31)
18. Vos, G., Hovens, JP., Delft, W. (1987). *Arsenic, cadmium, lead and mercury in meta, libres and kidneys of cattles slaughtered in The Netherlands during 1980-85*. *Food Addit Contam* 4:73-88.
19. Thornton, I. (1992). *Sources and pathways of cadmium in the environment*. *IARC. SciPubl*, 118:149-162.
20. Goering, P. Waalkes, M. and Klaassen, C. (1995). *Toxicology of cadmium, in: Toxicology of Metals: Biochemical Aspects*. Handbook of Experimental Pharmacology, Goyer RA, Cherian MG (eds) (pp. 189–213). New York.
21. Klaassen, C., Liu, J. and Diwan, B. (2009). *Metallothionein protection of cadmium toxicity*. *Toxicol Appl Pharmacol.* 238(3):215-220.
22. Varga, B. Zsolnai, B. Paksy, K., Náráy, M. (1993). *Age dependent accumulation of cadmium in the human ovary*. *Reprod Toxicol.* 7: 225–228
23. Bhattacharyya M H, Wilson A K, Rajan S S and Jonah M, (2000). *Biochemical pathways in cadmium toxicity. In: Molecular Biology and Toxicology of Metals*. Zalup R K, Koropatnick J, (eds), (pp. 1–74). London: Taylor and Francis

24. Henson M C and Anderson M B, (2000). *The effects of cadmium on placental endocrine function*. *Recent Res Dev Endocrinol*. 1:37–47.
25. Paksy, K., Rajczy, K., Forgács, Z., Lázár, P., Bernard, A., Gáti I and Kaáli G S, (1997). *Effecto cadmium on morphology and steroidogenesis of cultured human ovarian granulosa cells*. *J Appl Toxicol* 17 (pp. 321–327).
26. Oleru, U. (1976). *Kidney, liver, hair and lungs as indicators of Cd absorption*. *Am Ind Hyg Assoc J*. 37 (pp. 617-30).
27. Kido, T., Shaikh, Z, Kito, H., Honda, R., Nogawa, K. (1991) *Dose–response relationship between urinary cadmium and metallothionein in a Japanese population environmentally exposed to cadmium*. *Toxicology* 65 (pp. 325–332)
28. Ellemhorn, MJ. (1996). *Medical Toxicology*. 2nd Edition. Baltimore,USA : Williams & Wilkins
29. Kjellstrom, T., (1978); Nordberg GF. *A kinetic model of Cd metabolism in the human being*. *Environ Res* 16: 248–69).
30. Mead M. Confusión por el cadmio. *¿Los consumidores necesitan protección? Noticias de salud ambiental*. *Salud Pública Mex* (2011). 53 (pp. 178-185). Publicado originalmente en *Environ Health Perspect* (2010). 118:A528-A534.
31. Fauci A, Braunwald E, Kasper D y col. Harrison. (2009). *Principios de Medicina Interna. Algunas sustancias químicas tóxicas comunes que afectan al pulmón*. (17ª ed). (pp.1617,8331). Mexico: McGraw- Hill Interamericana
32. Galvao, L., Corey, G. (1987). *Cadmio*. *Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud* (pp. 13-14)

33. Rubio, C., Gutierrez, A. J., Martín Izquierdo, R.E., Revert C., Lozano, G. y Hardisson A. (2004). *El plomo como contaminante alimentario*. [Versión electrónica] Asociación Española de Toxicología. Revista de toxicología. 21, 72-80. Disponible en: <http://tox.umh.es/aetox/index.htm>
34. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y energía. *El Plomo*. Informe quincenal de la SNMPE N° 53. Disponible en: [http://confiep.org.pe/facipub/upload/publicaciones/1/962/informe\\_plomo\\_snmpe.pdf](http://confiep.org.pe/facipub/upload/publicaciones/1/962/informe_plomo_snmpe.pdf)
35. National Toxicology Program. (2004). *Lead and lead compounds*. [En línea] Report on Carcinogens. Background Documents & Public Comments for the Nominations to the 11th RoC. Disponible en: <http://ntp.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=03CA0BBE-9561-1E86-6438319191108C7E>
36. Badillo, F. (1999). *Environmental lead in México*. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 9(17), 1-49.
37. **Chávez Revilla, J.L.** *Fuentes de exposición al plomo*. Seguridad e Higiene y Medicina Laboral. Riesgo químico-Toxicología. Disponible en: <https://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1149>
38. Díaz Barriga, F.; et al. (1999). *Evaluación del Riesgo por la Exposición a Plomo*. CEPIS/OPS. Perú. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/tutorial3/e/casos/caso2/plom.html>
39. Poma, P. (2008). *Intoxicación por plomo en humanos*. Anales de la Facultad de Medicina [Versión electrónica]. 69 (2), 120-126. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a11v69n2.pdf>

40. Agency of Toxic Substances and Disease Registry. (2007). *Lead toxicity*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service.
41. Esquivel de Stumpfs, M.; et al. (2001). *Estudio de la Contaminación por Plomo en Sangre de Poblaciones Humanas expuestas al Tránsito Automotor*. Dirección de Investigaciones – Universidad Nacional de Asunción (UNA) – Paraguay. *Revista de Ciencia y Tecnología*. 1(3).
42. Aranguren, F. (1999). *El Plomo en el medio geográfico: una amenaza silente*. *Geoenseñanza*, 4(1):121-155
43. Lauwerys, R. (1992). *Toxicología industrial e intoxicaciones profesionales..* Editorial Massons. Cap. I; 175-201. España.
44. Ercoreca, M. *Actualización de la intoxicación por plomo inorgánico de trabajadores expuestos*. Disponible en: <http://www.fiso-web.org/imagenes/publicaciones/archivos/2786.pdf>
45. Padilla, D. (2007). *Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del Río Santa Eulalia: tramos quebrada Paccha y Llancash*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. pp.13.
46. Sotero, V. y Alva, M. (2013) “Contenido de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay”. 1 (24 -32)
47. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Vol. 7 pág. 7.1-7.7. [en línea]. [Fecha de acceso 16 de Diciembre 2016], URL disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>

## ANEXO

### ANEXO 1: Formato de Encuesta

#### FICHA DE ENTREVISTA AD-HOC DE RECOLECCIÓN DE DATOS

*DETERMINACION DE CONTAMINANTES METALICOS EN SEDIMENTOS DEPOSITADAS EN LAS HOJAS DE LOS ARBOLES Y LA SALUD DE VENDEDORES AMBULANTES DE LA AVENIDA MANCO CAPAC EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA*

#### a) DATOS GENERALES.-

EDAD: .....

SEXO: Masculino

Femenino

¿QUE TIEMPO TIENE LABORANDO EN ESTA ZONA?:.....

¿QUE TIPO DE PRODUCTO VENDE?:.....

¿TIENE HIJOS MENORES DE 3 AÑOS QUE PRESENTE ALGUN TIPO DE COMPLICACION?

FECHA DE LA ENCUESTA: .....

FUMA:

SI

NO

A) PLOMO	SI	NO
<b>¿En los últimos doce meses ha presentado algunos de estos síntomas?</b>		
1.- Cansancio		
2.-Vomitos		
3.-Estreñimientos		
4.-Insomnio		
5.-Coloracion azul-gris en las encías		
6.-Dolores musculares		
7.-Olvidarse de las cosas		
<b>B) CADMIO</b>		
8.-Tos frecuente		
9.-Fracturas de huesos		
10.-Dolores de espalda		
11.-Coloracion amarilla en los dientes		
12.-Perdida de peso		
13.-Dolores fuertes de cabeza		
14.-Problemas al menstruar		
15.- Abortos		
16.-Hipertension arterial		
<b>C) MANGANESO</b>		
17.-Torpeza para caminar o hacer las cosas		
18.-Lentitud en los movimientos		
19.-Comportamiento extraños		

ANEXO 2: Lugares donde se tomó la muestra



ANEXO 3: Encuesta realizada a los comerciantes ambulantes





