



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**“RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES URINARIOS DE  
CADMIO Y MERCURIO Y EL ESTADO DE SALUD DE  
LOS POBLADORES DEL DISTRITO DE HUAYHUAY  
PROVINCIA DE YAULI REGIÓN JUNÍN-PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO  
FARMACEÚTICO**

**AUTORES:**

Bach. MARCELO BONILLA, ÁNGELA CORINA

Bach. RAMIREZ CHARATONA, EMILY

**ASESOR:**

Mg. MONTANCHEZ MERCADO, ENRIQUE

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiar nuestros pasos y darnos la fuerza para seguir en este proceso  
y no rendirnos.

A nuestros, hijos, padres y hermanos por su amor y por el apoyo incondicional  
que nos han brindado en estos años y ser el motivo de superación.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos empezar agradeciendo principalmente a Dios y a nuestra familia por estar siempre presente en cada momento importante de nuestra vida.

De igual forma agradecer a todos los profesores de nuestra casa de estudios, por la preparación y los conocimientos brindados.

Finalmente agradecer al Sr Javier León Ramos, Director de la Asociación de ECOSEM, por el apoyo brindado en la parte experimental de nuestro proyecto y a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que este trabajo de investigación se lleve a cabo con éxito.

# ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria

Agradecimientos

Índice de Tablas

Índice de Figuras

Índice de Anexos

Resumen

Abstract

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>II.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
	2.1. Enfoque y diseño de la investigación.....	43
	2.2. Población, muestra y muestreo.....	44
	2.3. Variables de investigación .....	45
	2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	46
	2.5. Plan de recolección de datos.....	47
	2.5. Proceso de recolección de datos.....	47
	2.6. Métodos de análisis estadístico.....	47
	2.7. Aspectos éticos.....	47
<b>III.</b>	<b>RESULTADO .....</b>	<b>59</b>
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>

4.1.	Discusión de Resultados .....	78
4.2.	Conclusiones .....	79
4.3.	Recomendaciones .....	86

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N° 01 Límites máximos permisibles Cadmio y Mercurio según la EU.
- Tabla N° 02 Resumen de resultados de juicio de expertos.
- Tabla N° 03 Prueba de muestra única.
- Tabla N° 04 Datos estadísticos de media y desviación estándar.
- Tabla N° 05 Estado de salud de pobladores del distrito de Huayhuay.
- Tabla N° 06 Prueba de muestra única.
- Tabla N° 07 Datos estadísticos de media y desviación estándar.
- Tabla N° 08 Estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay.
- Tabla N° 09 ¿Ud. Presenta cosquilleos en manos, pies o alrededor de la boca?
- Tabla N° 10 ¿Ud. Presenta o ha presentado debilidad muscular?
- Tabla N° 11 ¿Ud. Presenta cambio de humor de manera abrupta?
- Tabla N° 12 ¿Ha presentado erupciones (lesiones, descamaciones) en la piel?
- Tabla N° 13 ¿Ud. Olvida las cosas frecuentemente (sufre de pérdida de memoria)?
- Tabla N° 14 ¿Ud. Padece de dolores de cabeza?
- Tabla N° 15 Padece Ud. ¿tiene alguna dificultad para hablar (tartamudea)?
- Tabla N° 16 ¿Usted ha presentado temblores en las manos o en alguna otra parte del cuerpo?
- Tabla N° 17 ¿Usted ha presentado temblores en las manos o en alguna otra parte del cuerpo?
- Tabla N° 18 ¿En algún momento ha sentido nerviosismo, timidez excesiva o pérdida de conciencia?
- Tabla N° 19 ¿Ha sentido aumento excesivo en su salivación?
- Tabla N° 20 ¿Ha tenido dolor estomacal, náusea, vómitos y/o diarreas?

- Tabla N° 21 ¿Usted ha presentado tos, dificultad al respirar y/o dolor opresivo en el pecho?
- Tabla N° 22 ¿Usted sufre de presión alta?
- Tabla N° 23 ¿Usted tiene dificultad para dormir?
- Tabla N° 24 ¿Orina con más frecuencia en mayor o menor cantidad de lo normal?
- Tabla N° 25 ¿Ha presentado ardor o enrojecimiento en los ojos?

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N° 01 Evolución de las emisiones de mercurio en distintas regiones.
- Figura N° 02 Distribución de las emisiones de mercurio en EU-28. Datos del año 2014.
- Figura N° 03 Contribuciones relativas (%) de las diferentes fuentes de cadmio a la exposición humana.
- Figura N° 04 Transporte, recepción de la muestra de orina.
- Figura N° 05 Materiales y Reactivos.
- Figura N° 06 Lectura de muestras.
- Figura N° 07 Resultados de valores de concentración de Mercurio.
- Figura N° 08 Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la OMS.
- Figura N° 09 Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la N.T.P.
- Figura N° 10 Resultados de valores de concentración de Cadmio.
- Figura N° 11 Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la OMS para CD.
- Figura N° 12 Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la N.T.P. para CD.
- Figura N° 13 Porcentaje de muestra de los trabajadores de Huayhuay analizadas, el 60% superan los límites máximos permisibles.
- Figura N° 14 ¿Usted presenta cosquilleos en las manos, pies o alrededor de la boca?
- Figura N° 15 ¿Usted presenta o ha presentado debilidad muscular?
- Figura N° 16 ¿Usted presenta cambio de humor de manera abrupta?
- Figura N° 17 ¿Ha presentado erupciones (lesiones, descamaciones) en la piel?
- Figura N° 18 ¿Usted olvida las cosas frecuentemente (sufre pérdida de memoria)?



- Figura N° 19 ¿Usted padece de dolores de cabeza?
- Figura N° 20 ¿Padece usted con dificultad para respirar (tartamudea)?
- Figura N° 21 ¿Usted ha sentido sabor metálico?
- Figura N° 22 ¿Usted ha presentado temblores en las manos o en alguna otra parte del cuerpo?
- Figura N° 23 ¿En algún momento ha sentido nerviosismo, timidez excesiva o pérdida de conciencia?
- Figura N° 24 ¿Ha sentido aumento excesivo en su salivación?
- 
- Figura N° 25 ¿Ha tenido dolor estomacal, náusea, vómitos y/o diarreas?
- Figura N° 26 ¿Usted ha presentado tos, dificultad al respirar y/o dolor opresivo en el pecho?
- Figura N° 27 ¿Usted sufre de presión alta?
- Figura N° 28 ¿Usted tiene dificultad para dormir?
- Figura N° 29 ¿Orina con más frecuencia en mayor o menor cantidad de lo normal?
- Figura N° 30 ¿Ha presentado ardor o enrojecimiento en los ojos?

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° A	Operacionalización de la variable.....	92
Anexo N° B	Instrumento de recolección de dato.....	94
Anexo N° C	Consentimiento informado .....	96
Anexo N° D	Acta o dictamen de aprobación de comité de ética.....	
Anexo N° E	Evidencia de trabajo de campo .....	11

## RESUMEN

En los últimos tiempos se ve una mayor contaminación por metales pesados, tales como, cadmio y mercurio, siendo esto un peligro para la salud del ser humano. La contaminación ambiental que presenta el distrito de Huayhuay, se debe a la proximidad de las industrias mineras. La investigación tiene como objetivo analizar a través del método de Espectrofotometría de Absorción Atómica la concentración de metales pesados presentes en las muestras de orina y así mismo, determinar la conexión que existe con respecto a los signos y síntomas que presentan los pobladores. Para el desarrollo de la investigación se optó por la siguiente metodología: Investigación descriptiva y experimental. Es transversal pues se desarrolló en un periodo de tiempo, en relación al enfoque la investigación es cuantitativa, pues esta tuvo como fin comprobar la hipótesis con la medición numérica aplicando el análisis estadístico. Diseño cuasi experimental. En la presente investigación se empleó una de ficha de recolección de datos (Encuesta).El procedimiento experimental se realizó en: CICOTOX. Análisis de muestras de orina: procedimiento con los materiales y reactivos óptimos para encontrar la concentración en las 25 muestras respectivamente. Como resultados de los análisis de los pobladores del distrito de Huayhuay , se obtuvo un valor máximo en concentración de 12,918 mg/Kg para mercurio y 8,638mg/ Kg para cadmio. Por otro lado, se concluye que los niveles urinarios de cadmio y Mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

## ABSTRACT

In recent times, more contamination by heavy metals is seen, such as cadmium and mercury, this being a danger to human health. The environmental contamination that the district of Huayhuay presents is due to the proximity of the mining industries. The research aims to analyze through the Atomic Absorption Spectrophotometry method the concentration of heavy metals present in urine samples and likewise, determine the connection that exists with respect to the signs and symptoms that the inhabitants present. For the development of the research, the following methodology was chosen: Descriptive and experimental research. It is transversal because it developed over a period of time, Regarding the approach, the research is quantitative, since this had as purpose to verify the hypothesis with the numerical measurement applying the statistical analysis. Quasi experimental design. In the present investigation, a data collection form (Survey) was used. The experimental procedure was carried out in: CICOTOX. Analysis of urine samples: procedure with the optimal materials and reagents to find the concentration in the 25 samples respectively. As results of the analysis of the inhabitants of the district of Huayhuay, a maximum value was obtained in concentration of 12,918 mg / Kg for mercury and 8,638mg / Kg for cadmium. On the other hand, it is concluded that the urinary levels of cadmium and mercury of the inhabitants of the district of Huayhuay province of Yauli in the Junín region exceed the maximum permissible limits established by the EU.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En las últimas décadas el problema de la contaminación provocada por cientos de metales pesados como cadmio y mercurio representa un peligro permanente para la salud humana, debido a su toxicidad, persistencia y a su tendencia a bioacumularse en los organismos vivos como peces. Actualmente algunos gobiernos han tomado medidas para contrarrestar los daños ocasionados por la actividad minera e industriales. A pesar de ello no se ha logrado actuar por sí solo y proteger a la población y al medio ambiente de los daños que causa estos metales pesados. <sup>(1)</sup>

A nivel mundial se está tomando medidas correctivas para controlar, evitar y eliminar la contaminación del medio ambiente por cadmio, este metal genera residuos contaminantes que ocasionan efectos adversos sobre la salud. <sup>(2)</sup> Las fuentes de exposición de los metales pesados mercurio y cadmio en los niveles de sangre y orina se han incrementado en la población de alto riesgo. <sup>(2)</sup>

El distrito de Huayhuay es uno de los diez distritos de la Provincia de Yauli, ubicado en el Departamento de Junín, bajo la administración del Gobierno Regional de Junín, Perú, ubicado a 3 970 msnm. La contaminación ambiental que se presenta en la región se debe básicamente a la proximidad de las industrias mineras quienes por años vienen contaminando el medio ambiente con productos químicos provenientes de la explotación minera, las entidades regionales muestran su confianza en encontrar una solución integral a los problemas medio ambientales que ha generado la minera en su población que según sus demandas afecta a 1,200 habitantes y principalmente en temas a la salud.

Los distritos como la Oroya, Huari y Huayhuay que se encuentra en la sierra central, son la región con mayor actividad minera, por lo tanto, hay más contaminación de metales pesados y al pasar los años se han originado conflictos ambientales, sociales y vulnerabilidad del estado peruano para

promover y respetar el cumplimiento de las leyes a las empresas mineras que laboran en dichos distritos. (3)

La exposición ocupacional al mercurio no es solo un problema del pasado. Sigue siendo un problema actual para los trabajadores de muchas industrias, como la minería; la producción de cloro-álcali; la fabricación de termómetros, lámparas fluorescentes, baterías y otros productos que contienen mercurio; la extracción y refinación de oro, plata, plomo, cobre y níquel, quienes sufren la mayor exposición son los trabajadores de la minería de oro artesanal y en pequeña escala (4)

A pesar de la existencia de las normas internacionales que regulan la utilización de sustancias contaminantes, la reducción de consumo mundial de mercurio últimos años se ha reducido la contaminación atmosférica ocasionada por la producción industrial, sin embargo, la contaminación de las aguas debido a la actividad minera sigue siendo significativa (5)

Los órganos que acumulan cadmio y mercurio por más tiempo son el cerebro, los riñones y los testículos; la mayor cantidad es eliminada a través de las heces y la orina, al cadmio y mercurio no se les reconoce ninguna función fisiológica que beneficie al organismo humano. El mercurio bajo cualquiera de las formas en que se presenta es tóxico para el hombre y los seres vivos en general. El compuesto más tóxico es el “metilmercurio” (6)

En este sentido la investigación tendrá como objetivo analizar a través del método de Espectrofotometría de absorción atómica la concentración de los metales pesados (cadmio y mercurio) en la muestra de orina de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín y determinar la conexión que existe con respecto a los signos y síntomas que estos manifiestan, ya que se sabe que este distrito se encuentra ubicado muy próximo a la producción minera y existe evidencias de contaminación de estos dos metales en especies como las truchas producidas en esa localidad.

Si no hay un debido estudio sobre la bioacumulación de los metales pesados (mercurio y cadmio), se estaría ignorando una problemática sobre la

contaminación ambiental y eso conllevaría a poner en riesgo el bienestar y la salud de los habitantes de dicha región.

El fin de la investigación será crear una opción de información y una nueva forma de interpretar causas de la bioacumulación de los metales pesados (mercurio y cadmio) en los pobladores de la región. Para eso crear una guía con información suficiente y de fácil entendimiento sobre la problemática que hay sobre la bioacumulación de metales pesados.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Los niveles urinarios de los metales pesados (cadmio y mercurio) se relacionan con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay de la localidad de Yauli región Junín?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

1. ¿Los niveles urinarios de cadmio se relacionan con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín?

2. ¿Los niveles urinarios de mercurio se relacionan con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay de la localidad de Yauli región Junín?

3. ¿Los niveles urinarios de los metales pesados (Cadmio y Mercurio) de los habitantes del distrito de Huayhuay perteneciente a la localidad de Yauli en la región Junín se encontrarán dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la UE?.

## **1.3 MARCO TEÓRICO**

### **1.3.1 Antecedentes Nacionales**

**Chanamé F. (2009).** En su Tesis de doctorado titulada "Bioacumulación

de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha Arco iris” de los centros de producción de la provincia de Yauli – Junín”, se realizó un estudio sobre la bioacumulación de Cu, Zn, Fe y Pb en el tejido del riñón, hígado y musculo de 7 diferentes centros de producción de la localidad de Yauli. Se realizó el análisis sobre los metales pesados totales que se encuentran en las aguas del centro de producción de peces, se realizó muestras cada mes, y así obtener los datos sobre la concentración de metales en los tejidos se usó como materia de investigación a 28 truchas de 27cm y 250 gr en promedio. Para obtuvieron los datos de cuantificación y determinación de los niveles de metales pesados encontrados en el agua y tejidos de las truchas, se realizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, siguiendo la metodología recomendada por la FAO. En la investigación realizada se pudo determinar que los niveles de Fe, Zn y Pb en el agua de los centros de producción, sin embargo no se encontró Cu, también se pudo determinar que los niveles encontrados de metales pesados en el agua son superiores a los estándares de calidad ambiental, dados por el ministerio del ambiente del Perú para los ríos de la sierra y costa y a los niveles máximos permitidos por la Unión Europea para la crianza de truchas. Los niveles de metales pesados (Zn, Pb, Cu y Fe) que fueron encontrados en los órganos estudiados de las truchas, dieron como resultado, niveles superiores, a comparación de resultados de otros autores y los niveles permitidos y establecidos por la Unión Europea para la carne de pescado y por la Nom-0127-SSA1-1993 para los productos de la pesca frescos, congelados y refrigerados. (13)

**Aparicio L (2015).** Estudio “El mercurio en la cuenca del Tambopata. Repercusiones en la salud humana y del ecosistema” tuvo como objetivo determinar la presencia de mercurio total en la cuenca de dicho río. Se recolectó un total de 163 muestras de tejido de peces y cabello de seres humanos durante los años 2003, 2004 y 2005. Las muestras fueron analizadas empleando la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica por Arrastre de Vapor Frío de Mercurio. Los resultados revelan presencia de mercurio total en las partes alta y baja de la cuenca; se



hallaron valores cercanos o que superan los límites recomendados por la OMS. Dichos resultados del consumo humano, proponen la necesidad de informar a la población sobre el riesgo enfrentado. Los resultados para cabello humano detectaron la presencia de mercurio en concentraciones superiores a los límites de seguridad comúnmente aceptados, significando un grave riesgo de neurotoxicidad para el individuo y su descendencia. Las muestras de cabello pertenecen a personas dedicadas a la actividad minera, comerciantes de oro/azogue y personas no relacionadas con la actividad minera; hallándose resultados positivos en los tres grupos <sup>(14)</sup>

**Mamani G (2012).** Nivel de conocimiento sobre medidas preventivas y efectos tóxicos del Mercurio en trabajadores de la mina la Rinconada, Puno” tuvo como meta determinar el grado de conocimiento de la toxicidad del metal en estudio. La población y muestra estuvo conformada por 50 trabajadores del área de Molineros de metal, para el estudio se aplicó la técnica encuesta e instrumento el cuestionario. Los resultados fueron: el 62% de trabajadores poseen conocimiento deficiente, el 28% conocimiento regular sobre medidas preventivas y efectos tóxicos. Respecto a medidas preventivas generales el 48% tienen conocimiento deficiente y en efectos tóxicos del mercurio la gran parte posee conocimiento incorrecto: el 70% en vía respiratoria, el 54% en sistema nervioso y a nivel de los ojos, el 52% a nivel de los oídos, el 68% en vía digestiva. Por lo que declara que la gran parte de los trabajadores tiene escaso conocimiento sobre medidas preventivas y efectos tóxicos del mercurio, los trabajadores de la mina la Rinconada están en constante riesgo de contraer enfermedades ocupacionales, debido a la falta de conocimiento <sup>(15)</sup>

**Monteagudo F. (2001).** Evaluación de la contaminación por mercurio en la población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena Ayacucho Perú durante 2000-2001” tuvo como objetivo determinar los niveles de mercurio en muestras de orina de 24 h, la técnica que se utilizó fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica por generación de hidruros vapor en frio, se detectó que del 100 %de la población en estudio (31muestras) 67.74 % mostró niveles de mercurio

incrementado en la rango de 41 a 90  $\mu\text{g/L}$  que son los valores referenciales por la OMS, los grupos etarios con más altos valores de contaminación fueron los adultos jóvenes de 24 a 34 años y los niños de 2 a 12 años que representan el 29.03 % y el 19.35 % de la población total respectivamente, el 58.6 % de la población en estudio, quienes se exponen de 0 a 7 horas por semana presentan una concentración de mercurio en orina incrementado (40-90  $\mu\text{g/L}$ ) <sup>(16)</sup>

**González S. (2017)** Realizo un estudio denominado “Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la bioacumulación de cadmio y mercurio y su relación con el crecimiento en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de dos criaderos de la región Junín Perú”. Esta investigación tuvo como objetivo comprobar que la bioacumulación de metales pesados (mercurio y cadmio) realizada por el método de espectrofotometría de absorción atómica se conecta con el crecimiento en truchas Arco Iris también llamadas *Oncorhynchus mykiss*, en dos diferentes centros de producción de la localidad de Junín, conforme a los niveles de límites máximos permisibles permitido por la UE, el estudio de la investigación en conexión a la orientación es cuantitativa, ya que tuvo como finalidad demostrar la hipótesis, aplicando el análisis estadístico, por medio del cálculo numérico. La investigación realizada obtuvo el nivel descriptivo correlacional, porque se habló dos fenómenos que se presentaron en situaciones temporales y geográficas. También, se aprobó el nivel de correlación y asociación de las variables: Factores y niveles de bioacumulación por mercurio y cadmio en el crecimiento de las truchas Arco iris. Este estudio argumenta un diseño experimental, siendo como objetivo de estudio evaluar la conexión que existe entre dos o varios conceptos, variables y categorías. Por lo cual, se recopiló datos en un documento, lo que permitió lograr tener los datos comparativos de peso, edad y talla, de los diferentes centros de producción de trucha de la localidad de Junín. Las pruebas experimentales se analizaron en el laboratorio de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Mayor de San Marcos, por medio de instrumentos de Absorción Atómica, el procedimiento de los

estudios consta de la toma de 40 muestras para la búsqueda de concentración de metales pesados, para ello se hizo uso de materiales y reactivos óptimos para dicho procedimiento. El estudio de dicha investigación tuvo como resultados, que en el centro de producción de la localidad de Junín tienen diferencias en la bioacumulación de metales pesados, el centro de producción de trucha “Ingenio”, no tiene rastros de mercurio ni cadmio, sin embargo, en el centro de producción de truchas de “Huayhuay”, se encontró un 55% de cadmio y un 80% de mercurio. En cuanto a las variables de talla, edad y peso de las truchas estudiadas, se obtuvo 0.66% de cantidad concentrada en bioacumulación en sus organismos, lo que quiere decir, que existe una relación positiva directamente proporcional y moderada. Los resultados en cuanto a concentraciones máximas encontradas en los centros de producción de truchas de Huayhuay fueron 998,66ppb para mercurio y 175,809ppb para cadmio, 11 de las 20 muestras se encontraron por sobre los límites máximos permitidos para cadmio y mercurio según los estándares establecidos por la UE. (17)

### 1.3.2 Antecedentes Internacionales

**Osorio S. (2014)** en su estudio “Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013” tuvo como objetivo establecer la prevalencia de mercurio y plomo en población general de dicha ciudad, posibles efectos en salud y relación con zonas de exposición ambiental, el estudio fue de tipo transversal, una muestra de 401 individuos. Se llevó a cabo una valoración médica y cuantificación de plomo (sangre) y mercurio (sangre, cabello, orina). La edad de los participantes fue de 3-91 años. Como resultado el 45,1% su ocupación más frecuente es ama de casa, promedios de concentraciones: mercurio en cabello: 1,00  $\mu\text{g/g}$ , sangre: 3,13  $\mu\text{g/L}$ , y orina: 0,29  $\mu\text{g/L}$ ; plomo en sangre: 8,62  $\mu\text{g/dL}$ . Habitantes con concentraciones superiores a los valores de referencia internacionales: 54 (13,5 %) para mercurio (OMS); 10 (2,5 %) para plomo (CDC). Los hallazgos

clínicos son inespecíficos, las zonas de exposición no parecen relacionarse con las concentraciones encontradas. (8)

**López S (2013).** Estudio la “Concentración de mercurio en cabello de una muestra de la población adulta de Yucatán estudio descriptivo” tuvo como objetivo determinar la concentración total de este metal en cabello de 90 voluntarios de la ciudad de Mérida cuyas edades fueron entre 18 a 45 años. El instrumento empleado fue una ficha de encuesta en la cual se añadieron una serie de preguntas relacionadas a estatura, peso corporal, y porcentaje de grasa corporal. La muestra de cabello fue extraída de la región occipital pegada al cuero cabelludo. La técnica empleada fue de espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío. Los resultados determinaron una concentración media de mercurio a  $1.119 \mu\text{g g}^{-1} \pm 0.854$  y a su vez se presentó que no existe correlación estadísticamente significativa entre mercurio y el índice de masa corporal ( $r=0.065$ ,  $p > 0.05$ ) y entre el porcentaje de grasa corporal ( $r=0.004$ ,  $p > 0.05$ ). Se concluye que el 42 % de las personas que colaboraron presentan niveles de mercurio en concentraciones que la EPA considera nocivas para la salud. (9)

**Luna S. (2007).** Evaluó la “Exposición a Mercurio de Mujeres y Niños de comunidades indígenas del río Beni con relación a problemas de Salud endémicos en el área” con el objetivo de evaluar la exposición de este metal a la población, teniendo en cuenta el contexto de la salud que son desfavorables para el área (infecciones, parasitismo, anemia y desnutrición) se llevó a cabo con 624 personas entre madres y niños, se recolectó información sobre el estilo de vida de las familias y el constante consumo de pescado, se realizó un examen clínico, una evaluación nutricional, un examen coproparasitológico y una medición de hemoglobina. Se analizó muestras de cabello para determinar la concentración de mercurio mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica a vapor frío. Como resultados se encontró que las madres tenían un promedio de nivel de mercurio de  $5.4 \pm 4.3 \mu\text{g/g}$  y los niños y adolescentes  $5.3 \pm 4.5 \mu\text{g/g}$ . el estudio comprobó que si existía una

relación significativa entre el nivel de mercurio en cabello y el consumo de pescado. En los niños se notó un retraso en el crecimiento de 38.9 %, el 85.2 % de los niños estaban helmintos, no mostraron desnutrición las madres, pero el 39.8 % eran anémicas. Estos hechos sugerían un estado de salud mezquino. En los niños de 5 a 10 años se encontró una relación significativa y positiva entre los índices nutricionales y los niveles de mercurio en cabello. Se concluyó que en dichos niveles de mercurio en el área se pueden considerar como bajos a moderados, por esta razón y también por el desarrollo trasversal del estudio no se puede detectar un impacto en la salud de las poblaciones, sin embargo las comunidades sufren de muchas enfermedades que pueden ocultar un impacto en el mercurio. (10)

**González J et al (2006)** realizaron una investigación denominada “Exposición ocupacional a plomo y cadmio en personal de salud” con el fin de contribuir a evitar las consecuencias potencialmente graves derivadas de la exposición crónica a plomo y cadmio, se describe la situación de exposición ocupacional a estos metales de un grupo de trabajadores de un hospital público de la Región Metropolitana. Se describen parámetros bioquímicos relacionados con la exposición a Pb y Cd al momento de detectarse el problema y al cabo de dos años de haber implementado medidas protectoras. Se trata de un estudio de cohorte histórico único, usando información secundaria. Inicialmente se encuentra niveles promedio de plomo en sangre, ZPP y cadmio en orina dentro del rango normal; después de la intervención se observa una variación significativa en estos parámetros lo cual señala la efectividad de la intervención preventiva. Los exámenes funcionales de órganos o sistemas potencialmente afectados por la exposición no muestran alteraciones ni variaciones significativas pre y post intervención. Se pone en evidencia que las intoxicaciones por plomo y cadmio son un problema presente en el ámbito laboral chileno y que las medidas de protección aplicadas a los trabajadores son eficaces, especialmente si se detecta precozmente el problema, antes de que se evidencien repercusiones derivadas de la intoxicación crónica. (11)

**Molina R.** (2015) realizó el “Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en Huelva”. Donde menciona que, en la actualidad, la preocupación por el riesgo para la salud que representa la exposición a metales pesados tales como el plomo, mercurio, cadmio, manganeso y ciertos metaloides como el arsénico. Dicha exposición tiene lugar tanto por vía respiratoria (inhalación de contaminantes procedentes de inmisiones industriales), como por vía digestiva (consumo de agua y alimentos contaminados). Huelva (suroeste de España) y sus municipios circundantes representan uno de los estuarios más contaminados del mundo, debido a la elevada actividad industrial y minera de la zona. En dicha tesis se ha llevado a cabo un estudio de biomonitorización con el fin de evaluar la exposición al arsénico y algunos metales traza (cadmio, mercurio, manganeso y plomo) en la orina y el pelo del cuero cabelludo de una muestra representativa de niños entre 6 y 9 años de edad (n= 261). Este es el único estudio que analiza simultáneamente los cinco elementos metálicos en la orina y el cabello de los niños. Diferentes patrones de dieta, estilos de vida y exposiciones ambientales influyen en dichos niveles, pudiendo además existir diferencias entre niños y niñas no sólo en la exposición, sino también en los diversos factores determinantes. Los niveles de Cd, Hg, Pb, Mn y As hallados en el pelo y la orina de los niños que viven cerca de las zonas industriales y mineras se encontraron dentro de los límites de referencia y fueron similares a los valores observados en otros estudios de biomonitorización de la población infantil sin exposición a contaminación ambiental. No se encontró correlación significativa para cada elemento metálico entre la orina y el cabello. Los niños que viven cerca de las zonas agrícolas mostraron niveles más elevados de Cd y Mn (en la orina) y As (en el cabello). Por el contrario, se observaron concentraciones inferiores de Hg en orina en los niños que viven cerca de las zonas mineras. También se estudia la posible contribución del género, el consumo de agua, la zona de residencia y el índice de masa corporal en las concentraciones de metales en orina y cabello. Las niñas mostraron niveles de metales traza en el pelo significativamente más altos que los

niños. Las concentraciones más elevadas se encontraron en los niños que beben agua de pozo o manantial. Aunque los niveles de metales en el cabello no se correlacionan con los hallados en la orina, pueden ser una herramienta útil para la biomonitorización humana en la exposición a metales a largo plazo. (12)

#### **1.4.1. MERCURIO**

La peculiaridad más llamativa del mercurio es: Metal que brilla y es de color plata, que a temperatura de ambiente se encuentra en estado líquido es muy volátil y no es fácilmente soluble en agua, su temperatura de fusión es de  $-38,9^{\circ}\text{C}$ , su temperatura de ebullición es  $357,3^{\circ}\text{C}$ , su peso específico es  $13,6\text{ g/cm}^3$  ( $0^{\circ}\text{C}$ ). Debido a su alta presión de vapor ( $163 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ ) de fácil evaporación a temperatura ambiental aprox. a  $20^{\circ}\text{C}$ . Estudios han concluido que su densidad en el aire puede alcanzar hasta  $0,014\text{ g/m}^3$ , y a  $100^{\circ}\text{C}$  hasta  $2,4\text{ g/m}^3$ . (18)

El mercurio considerado un metal pesado persistente que se encuentra en forma natural en el ambiente, siendo un elemento constitutivo de nuestro planeta al igual que el plomo, cadmio y todos los metales. El mercurio no puede descomponerse en sustancias menos tóxicas en el medio ambiente. (19)

El mercurio se combina con todos los metales comunes, excepto hierro y platino, formando aleaciones llamadas amalgamas. Puede formar compuestos monovalentes y divalentes ( $\text{Hg (I)}$  y  $\text{Hg (II)}$  o  $\text{Hg}^{2+}$  respectivamente). La combinación de mercurio con otros elementos, por ejemplo, cloro, azufre u oxígeno forma compuestos de mercurio inorgánico o "sales," las que son generalmente polvos o cristales blancos. (19)

El mercurio también se combina con carbono para formar compuestos de mercurio orgánicos como el metilmercurio, el cual es producido por organismos microscópicos en el suelo y en el agua. A mayor es la cantidad

de mercurio en el medio ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio. Los compuestos de mercurio en una solución acuosa son químicamente complejos. Dependiendo del pH, alcalinidad, redox (reducción-oxidación), y otras variables, es posible que se formen una gran variedad de especies químicas, cada una de las cuales posee diferentes cargas eléctricas y solubilidades. La solubilidad del mercurio en agua depende fuertemente de la temperatura. (19)

El Mercurio se encuentra principalmente en la naturaleza como cinabrio rojo (HgS) y a su vez como 13 meta cinabrio negro (sulfuro mixto). Estos dos sulfuros de mercurio pueden encontrarse en cantidades apreciables en yacimientos de otros sulfuros como piritas (sulfuro de hierro), rejalgar (sulfuro de arsénico), estilbina (sulfuro de antimonio) y otros sulfuros de zinc, cobre y plomo.

#### **1.4.1.1. Fuentes de contaminación**

El mercurio es un metal pesado y considerado altamente tóxico en altas concentraciones, se pueden localizar en muchas y deferentes maneras como orgánicas e inorgánicas. Los grados de mercurio que se encuentran en los ríos, lagos, estuarios han crecido de forma rápida en los últimos años por las actividades directas del ser humano. (20)

Las características fisicoquímicas del mercurio hacen de él uno de los metales más ubicuos, encontrándose en todos los compartimentos medioambientales. Esto, unido a la elevada toxicidad como los efectos tetarogénicos, inmunotóxicos y especialmente neurotóxicos de sus distintas formas químicas, hace necesario conocer, por un lado, los niveles de concentración en los que se halla, y por otro, los diferentes procesos biológicos que controlan su acumulación y metabolismo. (21)

Otras acciones que aportan significativamente el crecimiento y aparición del mercurio es la incineración de los combustibles fósiles, la minería y la reprocesamiento de metales como cobre, plata, oro y plomo, también los



procesos que se hacen a las plantas de cloro- álcali, y la destrucción de pilas y lámparas fluorescentes. Por otro lado, el ambiente también contribuye el acceso directo de forma natural de mercurio a la biosfera, a través de la actividad volcánica y oceánica en solución o de forma particulada. (18)

#### **1.4.1.2. Ciclo global del mercurio**

Las investigaciones sobre ciclo biogeoquímico del mercurio a nivel mundial tal como: origen, curso y depósito se han intensificado considerablemente en las últimas décadas. El ciclo medioambiental del mercurio posee cuatro compartimientos interconectados: atmósfera, tierra, medio acuático y biota.

El ciclo global de mercurio puede ser visto como un proceso de intercambio de dos vías en que la fuente emite mercurio a la atmósfera en forma de mercurio elemental ( $\text{Hg}^0$ ) en fase gaseosa y otras especies de  $\text{Hg}$  (II) mientras que la atmósfera pierde mercurio mediante la oxidación de  $\text{Hg}^0$  a  $\text{Hg}$  (II) y la rápida remoción de gases y partículas de  $\text{Hg}$  (II) por deposición húmeda y seca.

Este modelo permite la comprensión de los siguientes procesos y transporte del mercurio en la atmósfera que existen diversas fuentes de importancia que alteran el ciclo global del mercurio (océanos, combustibles fósiles, y depósitos de incineración municipales y médicos) emitiendo la mayoría de los gases de  $\text{Hg}^0$  y, en menor magnitud, gases y partículas de  $\text{Hg}$ (II) que los gases y partículas de  $\text{Hg}$ (II) estén sujetas a la eliminación local y regional por deposición en seco y húmedo, limita su transporte a largo alcance que el mercurio divalente ( $\text{Hg}$ (II)) pueda ser rápidamente reducido a mercurio elemental ( $\text{Hg}^0$ ) mediante procesos naturales en ecosistemas tanto terrestres como acuáticos. El tiempo de permanencia del mercurio en la atmósfera y océanos es considerablemente más corto (alrededor de un año) respecto al tiempo de residencia en suelos. (22)

### **1.4.1.3. Usos**

Habitualmente se habla de vapor de mercurio, cuando este elemento se encuentra presente en la atmosfera o de mercurio metálico cuando es líquida. Varios metales como el oro y plata, presentan aleaciones con mercurio metálico, y se denominan amalgamas. Esta característica sirve para la recuperación de oro en las pequeñas minerías auríferas. (18)

### **1.4.1.4. Efectos en el hombre**

Es bien conocido que el mercurio elemental es muy tóxico para el organismo humano. Las formas más importantes del mercurio desde el punto de vista del riesgo para la salud humana, son el mercurio en forma de vapor, las sales de mercurio y los derivados de alquilmércurio de cadena corta que muestran una lenta descomposición *in vitro*, y se les responsabiliza de varias epidemias debido a su especial afinidad por el tejido nervioso. (23)

Siendo el mercurio un metal pesado, tóxico para el organismo humano, y más cuando presenta cantidades significativas que dependen de un conocimiento de las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta. También, depende del conocimiento de las variaciones en la exposición, absorción, metabolización y excreción en cualquier situación dada. (24)

El reporte más conocido y documentado sucedió en la bahía de Minamata, ubicada al suroeste de Kyushu en Japón, se dio un envenenamiento por mercurio entre los pescadores y sus familias, también conocido como la enfermedad de Minamata (25). En 1932 y 1968 en esa zona de Japón había una planta de acetaldehído que se utilizaba el mercurio como catalizador, se supo que en la bahía de Minamata recibió más de 260 toneladas de mercurio. Se detectó un grave trastorno neurológico que se dio a conocer en 1953, así mismo en 1956 se alcanzó proporciones epidémicas; también se registraron 111 casos por intoxicación en el año 1960 y 41 decesos en el mes de agosto de 1995. En el año 1982, se registraron 1800 víctimas por envenenamiento de mercurio, siendo una población total de

200,000 personas. Las víctimas presentaron como síntomas, deficiencias sensoriales, pérdida auditiva, limitaciones de los campos visuales, ataxia y trastornos en el habla. El 6% de nacimientos en Minamata presentaban parálisis cerebral, también se registraron alteraciones del desarrollo físico y mental, siendo parte de los casos congénitos. (26)

El metilmercurio (MeHg), es el tipo más tóxico y peligroso, por su composición en estabilidad, propiedades iónicas y solubilidad en lípidos que es suficientemente para penetrar las membranas celulares. Los factores que intervienen en la tasa de producción de metilmercurio son: la concentración y disponibilidad de  $Hg^{2+}$ , sustrato nutritivo y mineral, composición de la población microbiana, el pH, potencial redox, temperatura, Fe, sulfuros, materia orgánica y particulada. (27)

#### **1.4.1.5 Efectos en el medio ambiente**

Todas las formas de mercurio pueden llegar a acumularse y ascender por la cadena alimentaria, pero particularmente la bioacumulación y biomagnificación del metilmercurio es la que más incide en los efectos perjudiciales de la vida silvestre, afectando no sólo a las especies marinas que lo contienen, y por ende a los seres humanos que las consumen, sino que también a los suelos orgánicos, reduciendo su actividad microbiológica, y a la fauna terrestre circundante (incluyendo aves y animales domésticos). (28)

#### **1.4.1.6 Toxicocinética**

La toxicocinética del mercurio está determinada por su forma química, del total de mercurio absorbido por inhalación, un 80% se retiene mientras que un 60% está en forma de mercurio vapor y el resto se reparte entre mercurio orgánico e inorgánico; sólo un 3% corresponde a la forma particulada y del vapor de mercurio se absorbe casi un 100% a través del alveolo pulmonar. Los compuestos orgánicos de Mercurio se absorben en

su totalidad mientras que los inorgánicos solo en un 70% y la absorción por vía cutánea está limitada a los derivados organomercuriales. (29)

Desde los pulmones, el mercurio metálico se distribuye por la sangre y es absorbido en un 80 %, se acumula en altas concentraciones en el cerebro y los riñones. El mercurio también atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y placentaria. (30)

La vida media en el organismo puede variar desde pocos días hasta varios meses. Los órganos que acumulan mercurio por más tiempo son el cerebro, los riñones y los testículos. La eliminación del mercurio se produce en pequeñas cantidades a través de la exhalación en forma de vapores por las vías respiratorias. La mayor cantidad es eliminada a través de las heces y la orina, pequeñas cantidades se eliminan a través del sudor, la saliva, las lágrimas y el cabello. La mayor parte del mercurio se excreta en los primeros 60 días; sin embargo, una pequeña cantidad de mercurio acumulado en el cerebro puede tardar hasta un año en ser eliminado. (31)

#### **1.4.1.7 Toxicodinamia**

Los efectos tóxicos del mercurio, inorgánico y orgánico, se deben a que en su forma se unen a los constituyentes orgánicos celulares ricos en grupos sulfhidrilos y afectan así a diversos sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y de su pared. (32)

La acción tóxica del mercurio sobre los sistemas enzimáticos ocurre porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos de varias enzimas esenciales. En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales sulfhidrilo, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared, e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria y afecta su función energética. En el riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas

de los túbulos proximales y altera el transporte de potasio y la ATPasa en la membrana.

Las variaciones provocadas por Hg en la homeostasis del Ca mitocondrial pueden agravar el estrés oxidativo provocado por  $Hg^{2+}$  en las células del riñón. Siendo el efecto en numerosas modificaciones bioquímicas que si puedan ocurrir, también se puede presentar el aumento de excreción de porfirinas en la orina. (33)

Una de las propiedades del mercurio divalente es alojarse en el riñón, siendo su lugar principal de acción, las células del epitelio proximal tubular. Particularmente se ubica en las fracciones lisosómicas mitocondriales (lisosomas), tanto en hígado como en riñón, conectado a la metalotionina, aunque anticipadamente se había estimado que la manifestación en los lisosomas renales sucede en intoxicación crónica y no luego de una exposición corta. (34)

Estudios han encontrado niveles de mercurio en el cerebro, cerebelo en cadáveres humanos, donde demostraba una relación entre el número de amalgamas y la presencia de mercurio en el organismo. (35)

### **Signos y síntomas**

El mercurio produce efectos tóxicos en el sistema nervioso, en una primera fase aparecen trastornos psíquicos tales como: irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, temor, pérdida de memoria, excesiva timidez, debilidad muscular, sueño agitado, susceptibilidad emocional, hiperexcitabilidad o depresión. (36)

Se considera que los riesgos para la salud humana son derivados de los compuestos metilmercuriales principalmente. Miles de personas se han intoxicado después de un consumo accidental de alimentos contaminados con fungicidas metilmercuriales o del consumo de peces contaminados por la descarga industrial de metilmercurio. El metilmercurio probablemente representa una parte significativa del mercurio en la dieta

humana y es especialmente importante en los pescados y sus derivados.

(37)

Las manifestaciones clínicas de las intoxicaciones con este metal pueden ser agudas o crónicas, con carácter local o sistémico:

**Manifestaciones clínicas agudas:** Los pulmones son los órganos más afectados cuando ocurre una exposición súbita a altas concentraciones de vapores de mercurio. Estos vapores causan bronquitis bronquiolitis erosiva con neumonía intersticial, dando origen a un cuadro de edema pulmonar agudo. También se agregan síntomas del sistema nervioso central tales como temblor y excitabilidad (38)

**Manifestaciones clínicas crónicas:** La sintomatología corresponde a manifestaciones del sistema nervioso central. Estos síntomas están relacionados con el tiempo de exposición y con la concentración de los vapores en el medio. Las manifestaciones más benignas son insomnio, timidez, nerviosismo y mareo. Exposiciones prolongadas producen comúnmente pérdida de la memoria, insomnio, pérdida del autocontrol, irritabilidad, ansiedad, pérdida de la confianza en sí mismo, somnolencia, depresión, dolor de cabeza, fatiga, adormecimiento, indecisión, falta de concentración, anorexia (38)

**Efectos renales.** - Los riñones son otros de los principales órganos sensibles a la toxicidad de los vapores de mercurio, aunque los efectos se observan con concentraciones más altas que en el caso de los problemas neurológicos

**Efectos cardiovasculares.** - En casos de exposición aguda a altas concentraciones de mercurio se han observado elevación de la presión arterial, palpitaciones y aumento de la frecuencia cardíaca. También los resultados de estudios de la exposición crónica en trabajadores de plantas de producción de cloro-álcali y minas de mercurio apuntan a una toxicidad cardiovascular

**Efectos cutáneos.** - Se han observado erupciones, habones y dermatitis tras el contacto profesional y accidental con compuestos de mercurio inorgánicos.

**Efectos respiratorios.** - La exposición aguda a vapores de mercurio en altas concentraciones causa trastornos respiratorios tales como tos, disnea y opresión o sensación urente en el pecho.

#### **1.4.2. CADMIO**

Es un metal blanco-plateado y su símbolo químico es Cd, de estructura cristalina hexagonal, brillante, dúctil y blanda. Es estable al aire, al calentarlo forma una capa uniforme de óxido y a temperaturas elevadas arde con llama rojo-amarillenta formando humo marrón de óxido de cadmio. Su punto de fusión es de 321,07 °C. El aluminio y el Zinc lo precipitan de sus disoluciones. Es insoluble en gases, se disuelve en ácido nítrico diluido y es poco soluble en los ácidos sulfúrico y clorhídrico. (39)

##### **1.4.2.1. Fuentes de contaminación**

La fundamental fuente de contaminación posiblemente sea las de actividades explotación minera, la cual vierte al medio ambiente y al medio acuático como ríos y lagos un gran número de sustancias tóxicas dañinas para el desarrollo de las especies.

El origen más evidente que pueden contener altas concentraciones de cadmio y otros minerales se encuentra en las explotaciones mineras.

Esta contaminación causa las concentraciones más elevadas de cadmio, la exposición no sólo es fundamental para los mineros, sino también para otros individuos que trabajen en las mismas instalaciones o cerca de ellas. Las actividades industriales sin duda son otra fuente en las que se manipula cadmio, ya sea como componente de materia prima o como parte de los subproductos del proceso, como es el caso de la obtención del zinc (40)

El principio más significativo de la liberación del cadmio al ecosistema es la quema de combustibles fósiles (como carbón o petróleo); la incineración de la basura doméstica común y el uso de fertilizantes fosfatados. Para extraer el zinc, el cobre y el plomo, cuando se funden las rocas contaminando el medio ambiente con cadmio. La población que habita o trabaja cerca a estas fuentes contaminantes pueden estar sobreexpuestas al cadmio; a su vez el cadmio y sus compuestos emitidos por las fuentes señaladas se distribuyen y se presentan de modo diferente de acuerdo a las características de los medios que se señalan a continuación (41)

La forma química más significativa es que el cadmio se presenta en el aire es como óxido de cadmio. Las ciudades grandes o superpobladas donde hay movimientos industriales importantes, se han detectado concentraciones grandes del cadmio en el aire de 0,05 a 30 ug/m<sup>3</sup>, en exposición a otras áreas contaminadas en donde existen niveles de 0,001 a 0,005 ug/m<sup>3</sup> por ejemplo en áreas rurales y de 0,005 hasta 0,05 ug/m<sup>3</sup> en zonas urbanas.

La presencia de cadmio en el aire obtiene interés cuando se piensa en los efectos de este contaminante para la salud humana, ya que puede alcanzar al organismo por la vía respiratoria y ser inhalado. En áreas muy contaminadas un individuo puede llegar a inhalar hasta 3,5 ug de cadmio al día.(42)

A pesar de analizar áreas no contaminadas, en el agua se han reportado concentraciones de cadmio: 0,04-0,3 ug/L en océanos y alrededor de 1 ug/L en ríos. En las localidades en donde hay contaminación por este metal pesado estas concentraciones se pueden incrementar mucho así se han encontrado niveles de 0,001 hasta 0,115 mg/L. La importancia de estas concentraciones en el agua varía según la utilización que a ésta el hombre le dé, sea para consumo humano u otros usos. (42)



En el ser humano la cantidad de cadmio ingerida a través de la alimentación varía mucho, según estudios en otros países demostraron que la ingesta de cadmio puede ser de 10-60ug/día para una persona de 70 kg. En algunas partes se han encontrado casos con ingestión de hasta 150ug/día. Los alimentos representan la fuente de exposición más importante para los individuos de la población general no ocupacionalmente expuestos. Entre el 90 y el 95 % del Cadmio ingerido es eliminado por las heces, lo que hace que la importancia de la ingestión de cadmio solamente sea significativa cuando existe un alto índice de contaminación ambiental, lo cual repercute en las concentraciones de cadmio en los alimentos. (42)

#### **1.4.2.2. Usos**

Los usos más comunes del cadmio son: La galvanoplastia, Producción de pigmentos, Manufactura de baterías, Estabilizadores.

El cadmio es un metal blanco plateado brillante con estructura hexagonal dúctil y blanda, tiene la característica de ser muy estable en el aire y medio ambiente químicamente al calentarlo es capaz de formar una llama roja-amarillenta formando óxido de cadmio. Su punto de fusión es 321 °C y es soluble en ácido nítrico diluido pero muy poco soluble en ácido clorhídrico y ácido sulfúrico.

Es muy fácilmente adherido a partículas de la tierra y parte de este es disuelto en el agua, se bioacumula en los organismos vivos y permanece por larga vida en ellos. Su origen natural es principalmente del desprendimiento de la actividad volcánica y minera, y también algunas plantas como el tabaco contiene cadmio, Muchos fumadores tienen alrededor del doble de cadmio en sus organismos que los no fumadores.

El cadmio existe en un solo estado de valencia, 2+ y no forma compuestos alquímicos estables ni otros compuestos órgano metálicos de significación toxicológica conocida. Se puede absorber el cadmio con relativa facilidad por ingestión oral o a través de los pulmones. La absorción gastrointestinal

en el hombre no suele llegar al 10%. Otros estudios limitados a seres humanos indican un valor aproximado de 5%. (42)

También el cadmio puede depositarse en las riberas de ríos y costas marinas, aunque no se han descrito niveles que representen peligro para el ambiente. (43)

La bioacumulación de este metal en animales es de gran importancia de estudio ya que representa un peligro persistente para el desarrollo y normal funcionamiento de los ecosistemas, ingestión prolongada puede significar el inicio de una patología, aunque hasta el momento no se han tenido evidencias de intoxicación por este mecanismo en nuestro país. Sin embargo se han encontrado concentraciones 2400 veces mayor de cadmio en camarones después de 40 días de exposición a 0,005 ppm esto pone en evidencia la capacidad bioacumulable del metal. También se sabe que los riñones y el hígado son los órganos de los peces en donde más se concentra el Cadmio. (43)

#### **1.4.2.3. Toxicocinética:**

El cadmio existe en un solo estado de valencia, 2+ y no forma compuestos alquímicos estables ni otros compuestos órgano metálicos de significación toxicológica conocida. (44)

El cadmio entra al torrente sanguíneo por absorción en el estómago o en los intestinos luego de la ingestión de comida o agua, por absorción en los pulmones después de la inhalación. Muy poco cadmio entra al cuerpo a través de la piel. Usualmente sólo es absorbido por la sangre alrededor del 1 al 5% del cadmio que es ingerido por la boca, mientras que se absorbe alrededor del 30 al 50% del que es inhalado (43)

Se puede absorber el cadmio con relativa facilidad por ingestión oral o a través de los pulmones. La absorción gastrointestinal en el hombre no

suele llegar al 10%. Otros estudios limitados a seres humanos indican un valor aproximado de 5%. (44)

La mayor parte del cadmio que ingresa a los cuerpos de agua, eventualmente se asocian en el fondo del sedimento con materia orgánica y óxidos de magnesio y hierro, o precipitan con solución de carbonato o sulfuro. Cambios en las condiciones ambientales pueden afectar la distribución entre la fase disuelta y particulada y este se puede encontrar junto con óxidos de magnesio y hierro, Estos cambios son por ejemplo, alteración del sedimento con disminución del pH e incremento del potencial Redox.

Como otros metales pesados el cadmio tiene la capacidad de entrar y ser parte de la cadena alimenticia para los peces que de acuerdo a su fisiología este penetra a través de las branquias, como se evidencia por su rápida bioacumulación durante la exposición en agua. En períodos cortos, es decir, horas o días, las concentraciones metálicas alcanzan niveles que pueden causar estrés fisiológico e incluso matar a los organismos y a medida que pasa el tiempo y teniendo en cuenta otros factores de bioacumulación también se concentra en otros tejidos, tales como hígado y riñón. (45)

El principal trastorno fisiológico relacionado con la toxicidad de cadmio son las modificaciones de las actividades enzimáticas en órganos como en hígado, branquias, riñones e intestino junto a otros complejos cadmio-proteína, pueden participar en la desintoxicación por secuestro del metal. Otras lesiones del Cadmio incluyen la genotoxicidad y trastornos reproductivos en las especies. (45)

Los organismos bentónicos están expuestos a cadmio particulado y disuelto, y por la ingestión de sedimento. Sin embargo, se cree que las formas disueltas de cadmio son más fácilmente biodisponibles, es asociado con fracciones de sedimento que muestra capacidad de

intercambio catiónico o que es fácilmente reducido es generalmente más biodisponible que los asociados con otras fracciones. (45)

Es importante mencionar que dentro del grupo de alimentos derivados de pescados, los pescados grasos son más receptivos para el mercurio, otros como los moluscos, lo son para el cadmio. Inclusive aun dentro del mismo animal hay variaciones de localización y concentración de tóxicos y es bien conocido como en el hígado, por su papel central en el metabolismo, se bioacumulan gran cantidad de elementos que pueden ser tanto positivos como negativos para la nutrición. Dentro de cada órgano, la contaminación es muy diferente según la edad del animal y esto se aprecia, especialmente, en el caso del ganado vacuno no tienen la misma receptividad para los diversos tipos de contaminantes. (46)

Estudios han demostrado y han clasificado este metal tóxico dentro del grupo B1 de probables cancerígenos humanos, así mismo se ha comprobado que no se elimina de los ecosistemas acuáticos, sino más bien se bioacumula en los sedimentos esto pues predispone a que la concentración natural de metales en los ecosistemas acuáticos dependan de su distribución, meteorización y lixiviación en el área de la cuenca hidrográfica al que pertenece. Los niveles naturales en el ambiente acuático se han incrementado debido a la actividad antropogénica que libera contaminante de forma doméstica, industrial, minera y agrícola, en concentraciones que no permiten la utilización posterior del agua debido a los cambios físico-químicos y a los efectos devastadores sobre el equilibrio ecológico del medio ambiente receptor. (47)

#### **1.4.2.4. Toxicodinámica:**

El cadmio se presenta en los tejidos del cuerpo unido a la metalotioneína proteína de bajo peso molecular que se mezcla con los metales y cuya síntesis esta inducida por el cadmio; se piensa que esta proteína que une a estos metales también participan en la absorción y transporte del cadmio, (un tercio de sus residuos aminoácidos son cisteína). (44)

#### 1.4.2.5. Efectos tóxicos en el hombre

Tiene la característica de ser tóxico bioacumulativo con una vida media biológica aproximada de 10-30 años, esto teniendo en cuenta la exposición continua, las concentraciones del metal en los tejidos aumentan durante toda la vida. La carga corporal de cadmio en un adulto de 50 años es de 30 mg.

La metalotioneína, proteína que puede ser inducida por exposición a cadmio, puede servir de protección impidiendo la interacción del cadmio con otras macromoléculas funcionales. Por su vida media biológica extraordinariamente prolongada, es considerado el veneno ambiental más propenso al ser acumulado. La eliminación de este metal por las heces es cuantitativamente más importante que la urinaria, y esta última sólo adquiere significación cuando se ha producido un alto grado de nefrotoxicidad. La transferencia transplacentaria y las secreciones en la leche son muy escasas. (48)

La toxicidad del cadmio se debe a su capacidad para desplazar a otros metales de importancia en la actividad enzimática y para reaccionar con grupos biológicamente activos. Este como otros metales por su gran afinidad a grupos amino y sulfhídricos reaccionan, formando complejos que van a afectar el control de las reacciones metabólicas, por inhibición de las actividades enzimáticas.

En general, se sabe que la corteza renal es el órgano crítico para la bioacumulación de cadmio en el hombre. El daño severo al riñón puede elevar la excreción urinaria de proteínas totales hasta diez veces y las de bajo peso molecular como las beta 2 microglobulina hasta en cien veces produce descalcificación debido a que actúa a nivel de la sangre produciendo una eliminación de calcio muy alta que junto a la reabsorción renal disminuida dan lugar a la descalcificación. (49)

#### **1.4.2.6. Signos y Síntomas:**

Las intoxicaciones causadas por este metal pueden ser manifestaciones clínicas agudas o crónicas, habitualmente de carácter sistémico. Las intoxicaciones que se puedan presentar en la población general, salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas son generalmente de carácter crónico. En la población ocupacional es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características.

Es importante tener en cuenta los variados aspectos clínicos que se señalan a especialmente en los cuadros crónicos para los fines de notificación. La clínica de las intoxicaciones por cadmio es variable, según su vía de penetración, la cantidad absorbida, el tiempo de exposición y las características propias del individuo expuesto, además, tiene relación con el tipo de exposición, ocupacional o ambiental respectivamente.

El cadmio es un metal que se encuentra en el aire y agua como contaminantes ambientales y se asocian con múltiples efectos adversos en la salud; siendo varios los órganos y sistemas que se ven afectados por los metales tales como: riñón, pulmón, hígado sistema gastrointestinal y hematopoyético, pero principalmente el sistema nervioso central y periférico. La severidad y el daño de estos metales dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la persona y además de la ruta por la cual el metal sea absorbido. Una variedad de mecanismos han sido atribuidos a la toxicidad de los metales pesados, pero con frecuencia están relacionados con la generación de radicales libres y disminución en el funcionamiento de enzimas antioxidantes ocasionando un incremento en el estrés oxidativo celular.

Fiebre, alteraciones digestivas, dolor torácico, disnea y edema agudo de pulmón, el que puede determinar la muerte por insuficiencia respiratoria Pueden también aparecer anemia, albuminuria, hepatitis y anuria; éstas pueden determinar la muerte por hepatonecrosis. (43)

Los síntomas iniciales son náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En varias ocasiones hay presencia de diarrea intensa con colapso. Estos síntomas se manifiestan con la presencia del cadmio en agua o en alimentos en concentraciones de alrededor de 15 ppm por encima de los límites máximos permisibles para alimentos derivados de especies acuáticas según la OMS. (43)

La inhalación persistente por pobladores expuestos puede establecer la aparición de un síndrome que comprende enfisema pulmonar y enfermedad de los túbulos renales, con proteinuria. En estos casos se han comprobado también otros efectos como anemia, alteraciones hepáticas y cambios en el metabolismo de los minerales. (43)

La larga exposición de cadmio produce un daño en la función renal, siendo uno de los efectos más típicos y precoces. Estos deterioros y alteraciones pueden llevar a un cuadro grave con insuficiencia renal (1). Los órganos considerados más críticos en la exposición al polvo del cadmio son los pulmones. Se han publicado casos de neumonitis química, con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar (43) trastornos gastroduodenales con náuseas y vómitos como respuesta inmediata disminución de los niveles de hemoglobina; son de carácter reversible (43) osteomalacia y grados variables de osteoporosis. Estas lesiones ocasionan dolores de intensidad variable, observándose que pequeños traumatismos son capaces de producir fracturas en varias partes del esqueleto cáncer de próstata y del aparato respiratorio en trabajadores expuestos prolongadamente, principalmente a óxido de cadmio. (43)

El cadmio ocasiona una grave enfermedad ósea conocida como enfermedad Itai-itai, problemas gastrointestinales, anemia, daño renal y trastornos hepáticos. (43)

Por otra parte, existe una probabilidad que la interferencia en la homeostasis redox sea parte de diferentes pasos de carcinogénesis inducida por cadmio, por ejemplo, la reparación del ADN se realiza usando endonucleasas, que son activadas por mecanismos redox e inhibidas por cadmio. (47)

#### **1.4.2.7. Exposición de Cadmio y Mercurio en la provincia de Yauli Región Junín**

En consecuencia a que el mercurio habita en la naturaleza y existen múltiples orígenes antropogénicas que lo emiten al ambiente, todos podemos llegar a exponernos a bajas concentraciones de mercurio a través del aire (por inhalación); el agua y los alimentos (por ingestión); a partir del consumo de medicamentos y cosméticos que contengan mercurio; y del contacto con cualquier producto que lo contenga. Para determinar la exposición humana, es preciso tomar en cuenta el ingreso diario del mercurio al organismo por distintas vías (por ej. ingestión de alimentos), la forma particular de mercurio que ingresa (por ejemplo el metilmercurio) y el tiempo de retención dentro del organismo. La magnitud de la exposición varía de acuerdo a las cantidades de este metal presente en los diversos medios.

**Tabla N°1: Límites máximos permisibles Cadmio y Mercurio según la EU**

Hombre	Cadmio ppb	Mercurio ppb
Orina	5 mcg/L	5 mcg/L

*Fuente: European Agency for Safety and Health at Work — Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo*

#### **1.5.1. Justificación.**

La investigación se justifica teóricamente ya que sus resultados enriquecerán el marco teórico existente respecto a la bioacumulación de



cadmio y mercurio en la población del distrito de Huayhuay. Es importante porque los beneficiarios de esta investigación serán los pobladores quienes se encuentran expuestos a las diferentes formas de contaminación de metales, por encontrarse muy cercano a las diferentes zonas mineras. Huayhuay.

Metodológicamente este estudio y las diferentes pruebas experimentales se realizarán mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica Horno grafito y con Sistema de Generación de Hidruros, para identificar y cuantificar la concentración de metales pesados, los cuales se han depositado a lo largo de los años y pueden causar daño en la salud de la población. Además, si consideramos la actividad de la industria minera actualmente en esta región es factible considerar el riesgo al cual los pobladores están expuestos.

Esta investigación será útil porque a partir de los resultados que se den en ella, se podrá profundizar más en los análisis sobre otros metales pesados, además permitirá abrir un abanico de futuras investigaciones sobre el impacto que pueden generar los tóxicos en los organismos vivos, esto permitirá a las entidades nacionales directamente involucradas tomar medidas de prevención y preservación de la salud.

En cuanto a su alcance, esta investigación servirá para nuevas ideas en estudios que presenten situaciones similares a las que aquí se plantean, la importancia de conocer la presencia y bioacumulación de estos metales en los pobladores de Huayhuay es encontrar una relación entre dicha bioacumulación con los signos y síntomas que estos presentan.

Por otro lado, la presente investigación pretende concientizar a los pobladores y a las entidades del estado sobre los riesgos de estos metales para así tener herramientas que ayuden a monitorizar los índices máximos permisibles de acuerdo a lo establecido por las organizaciones mundiales y haya un control tanto para la población.

Finalmente tal como menciona Álvarez R.; Amancio F, el análisis de resultados realizados mediante Química Analítica proporcionaran la evidencia científica que permitirá medir los elementos tóxicos que componen esta problemática para avanzar en la discusión de medidas de prevención que efectivamente contribuyan a detener el impacto de la crisis ambiental y biológica, para empezar a implementar políticas y programas de prevención integral para la región Junín y otras poblaciones similares del valle del Mantaro. (7)

### **1.6.1 Objetivos.**

#### **1.6.1.1. Objetivo general.**

Determinar si los niveles urinarios de cadmio y mercurio se relacionan con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.

#### **1.6.2. Objetivos específicos.**

1. Determinar el grado de relación entre los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.
2. Determinar el grado de relación entre los niveles urinarios de Mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.
3. Evaluar si los niveles urinarios de Cadmio y Mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la UE.

## **1.7.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.**

### **1.7.1. Hipótesis general.**

Los niveles urinarios de cadmio y mercurio se relacionan significativamente con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.

### **1.7.2. Hipótesis específicas.**

- 1: Existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.
2. Existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de Mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.
- 3: Los niveles urinarios de cadmio y Mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la UE.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACION**

#### **ENFOQUE DE INVESTIGACION**

- La presente investigación tiene como objetivo ser aplicada pues tiene la finalidad de mejorar las actuales condiciones.
- En relación al enfoque es cuantitativo, pues la investigación tiene como fin comprobar hipótesis con la medición numérica aplicando el análisis estadístico.
- Es transversal pues su desarrollo es en un solo momento.

## **DISEÑO**

Es una investigación descriptiva correlacional debido a que se describen dos eventos que se presentan en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Se demuestra el grado de asociación o correlación de las variables: concentración de cadmio y mercurio y la salud de la población del distrito de Huayhuay en la región Junín.

Se llevó a cabo unas encuestas en el distrito mencionado, y tiene un nivel exploratorio correlacional porque se realizó un análisis toxicológico en orina para evaluar los niveles de contaminación de cadmio y mercurio en los pobladores de dicho distrito.

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación tiene un **diseño cuasi- experimental**, en la cual no se manipuló las variables deliberadamente, lo que se hizo es observar fenómenos, tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. Este estudio tiene como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables.

Para lo cual se utilizó una ficha de recolección de datos, la cual permitió obtener los valores comparativos de concentración y un cuestionario de encuestas para relacionar los signos y síntomas reportados por los pobladores.

## **2.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### **POBLACIÓN**

La población estuvo compuesta por los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.

## MUESTRA

Se estableció que la muestra fue no probabilística con la técnica de muestreo por conveniencia, la cual consistió en seleccionar una muestra de la población por el hecho de que sea accesible. Es decir, por lo que no fueron seleccionados mediante criterio estadístico. Se eligió 25 muestras de orina de los pobladores.

### 2.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Variable Independiente: Niveles urinarios de Cadmio y Mercurio

Variable Dependiente: Estado de Salud de los pobladores del distrito de Huayhuay.

**Tabla de Operacionalización de variables**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDIRECTA</b>  <b>Niveles urinarios de Cadmio y Mercurio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Concentración de Cadmio en orina.</li><li>• Concentración de Mercurio en orina.</li><li>• Límites máximos permisibles:</li></ul>	Ug/L de orina: Límites mayores a:  5 mcg/L
<b>VARIABLE DIRECTA</b>  <b>Estado de Salud de los pobladores del distrito de Huayhuay</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Infecciones dermatológicas</li><li>• Alteraciones del SNC</li><li>• Sistema nervioso e inmunitario</li><li>• Infecciones oftalmológicas</li><li>• Problemas cardiovasculares</li><li>• Insuficiencia renal</li></ul>	Signos y síntomas Presencia o ausencia

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemas respiratorios</li><li>• Daños hepáticos</li><li>• Problemas gastrointestinales</li></ul>	
--	--	--

## 2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 2.4.1 TÉCNICA

Se realizó el procedimiento experimental en el laboratorio de Análisis de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la universidad Mayor de San Marcos mediante el uso del equipo de Absorción Atómica, siguiendo los detalles del procedimiento con los materiales y reactivos óptimos para encontrar la concentración de metales pesados en las 25 muestras respectivamente.

Se empleó una de ficha de recolección de datos (Encuesta), la cual permitió recolectar los datos de los pobladores y las concentraciones de cadmio y mercurio, también conocer los signos y síntomas de los pobladores del distrito.

### 2.4.2. INSTRUMENTOS

#### **Equipo de Absorción Atómica:**

La Espectrofotometría de Absorción Atómica se fundamenta en la ley de Beer, la cual radica en que la absorbancia es directamente proporcional a la longitud de trayectoria en la flama y a la concentración de vapor atómico en ella. Ambas variables son difíciles de establecer, pero se puede mantener constante la longitud de trayectoria y entonces la concentración

del vapor atómico será directamente proporcional a la concentración del analito en la solución que se aspira.

## **2.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

El instrumento de la investigación fue elaborado por los investigadores y validado mediante juicio de expertos amplia experiencia en Toxicología y Química Analítica e Instrumental.

## **2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El procesamiento de datos se realizó mediante la utilización del programa SPSS versión 24 para Windows, así como Microsoft Excel, habiéndose obtenido resultados similares.

La correlación entre las variables se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, que expresa el grado de asociación o afinidad entre las variables consideradas.

## **2.7. ASPECTOS ÉTICOS:**

Se realizó una ficha de consentimiento informado del proyecto de tesis **“RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES URINARIOS DE CADMIO Y MERCURIO Y EL ESTADO DE SALUD DE LOS POBLADORES DEL DISTRITO DE HUAYHUAY PROVINCIA DE YAULI REGIÓN JUNIN-PERÚ”**, en la cual se le hizo preguntas de peso y talla, además de facilitar una muestra biológica de orina que se dará en ayunas.

## **2.8. PROCESO DE RECOLECCIÓN**

### **Toma y transporte de muestras**

La toma de muestra se llevó a cabo en el distrito de Huayhuay, donde se recolectaron 25 muestras de orina las cuales fueron etiquetadas con nombre y fecha de cada poblador y transportadas en cadena de frío en un cooler con hielo desde el punto de muestreo hasta el laboratorio destino

(Análisis de metales pesados en orina lab. CICOTOX- UNMSM), con la finalidad de mantener las muestras en perfecto estado de conservación hasta llegar al destino para el análisis experimental. Donde se realizaron los respectivos análisis espectrofotométricos.



*Figura N°.1: Transporte, recepción de las muestras de orina*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Medidas de seguridad en la manipulación de muestras biológicas:**

Para evitar contaminación con las muestras se utilizaron los siguientes implementos de seguridad: Guantes de látex descartables, mascarillas quirúrgicas, lentes protectores, mandil.

- Se realizó un lavado de manos antes y después de cada análisis empleando jabón bactericida.
- Se descontaminó las superficies de las mesas de trabajo con alcohol 70°.



- Se contó con depósitos y bolsas de bioseguridad para desechar todo el material contaminado generado durante el análisis, el cual dispuesto por una empresa especializada en el recojo de residuos peligrosos.

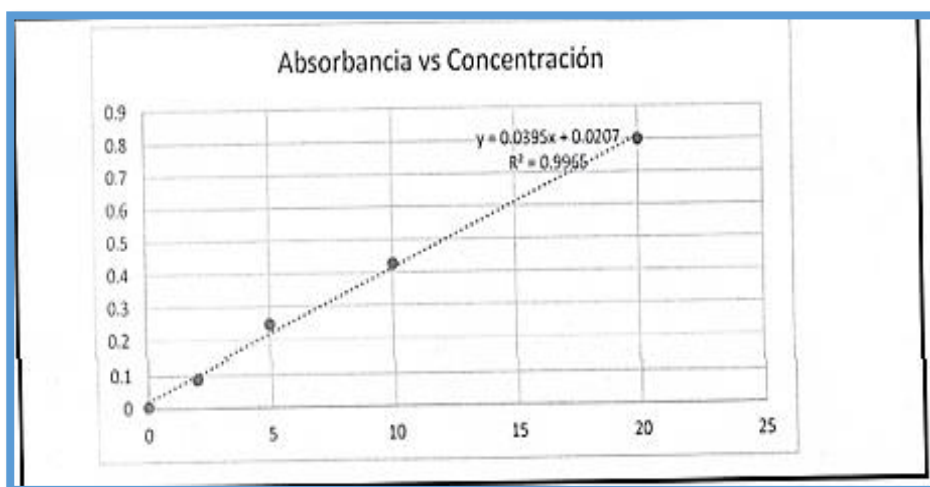
“Al término de los ensayos, los materiales contaminados y remanentes de muestras fueron almacenados en depósitos de bioseguridad adecuados para luego ser retirados y eliminados”.

### Preparación de patrones y curva de calibración:

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
89359 - 89393	Del 03/05/19 al 11/05/19	09:45 a.m.	7:30 p.m.	Orina	Cadmio
VOLUMEN DE MUESTRA	20µL	LONGITUD DE ONDA	228.8 nm	PRE TRATAMIENTO	Solución diluyente
NOMBRE		CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)		ABSORBANCIA	
Blanco		0		0.005	
Estándar 1		2		0.088	
Estándar 2		5		0.246	
Estándar 3		10		0.426	
Estándar 4		20		0.799	

Fuente: Universidad Mayor de San Marcos, centro de información control toxicológico y apoyo a la gestión

### Curva de calibración.



### Reactivos y estándares:

Todos los reactivos utilizados fueron especificados para el análisis y el agua utilizada fue ultra pura.

- Ácido clorhídrico
- Solución patrón de mercurio 1000 mg/L
- Borohidruro de sodio P.A
- Hidróxido de sodio P.A
- Gas argon UHP



*Figura N°2: Materiales y Reactivos*

*Fuente: elaboración propia*

### Equipos:

- Equipo de Absorción atómica marca Thermo Scientific 3000 equipado con generador de Hidruros
- Equipo de Absorción atómica marca Thermo Scientific 3000 equipado con horno grafito
- Tubos de vidrio de 25 ml con tapa rosca
- Micropipetas de 100 uL, 1 y 5 mL.



**Figura N°3:** Lectura de las muestras

*Fuente:* Elaboración propia

### **Condiciones Espectrofotométricas**

Longitud de onda: 253.7 nm y 228,8 nm

Ranura 0.5 nm

Corrección de fondo: lámpara de deuterio D2

Corriente de lámpara: 6 mA

Tiempo de lectura: 4 seg

Fuente de Luz: lámpara de cátodo hueco de mercurio y cadmio respectivamente

Medida de señal: absorbancia y área

Flujo de gas argón: 25 mL/ min

### **Preparación de Soluciones:**

Solución de Permanganato de Potasio al 5 %

Se pesaron 2.5 g de permanganato de potasio, se agregó 1 mL de ácido sulfúrico concentrado el cual fue diluido en 50 mL con agua ultra pura

### **Procedimiento Operatorio para Mercurio**

Los estándares para la curva de calibración se prepararon de la siguiente manera:

A partir de una solución Stock de 1000 ppm de mercurio se tomaron 1 ml y se preparó una solución de 1000 ppm con agua ultrapura en una fiola de 100 ml, luego se tomó 1 ml de la solución y se preparó una solución de 100 ppb en una fiola de 100 ml. Finalmente se tomó 0.5, 1:25, 2.5 y 5 ml de la solución de 100 ppb, 2 ml de ácido nítrico concentrado y 50 uL de permanganato de potasio al 5 % se preparó soluciones de 2,5,10, y 20 ppb con agua ultrapura en fiolas de 25 ml.

### **Preparación de la muestra para Mercurio**

Se agregó 2 ml de muestra de orina al tubo de vidrio con tapa rosca, se adiciono 2 ml de ácido nítrico concentrado, se dejó en reposo de 30 a 40 minutos, luego se agregó 50 ul de permanganato de potasio al 5 % y se completó a un volumen de 25 ml con agua ultra pura y se homogenizo.

Se aspiró directamente las soluciones estándares y muestras por el generador de hidruros. Se usó como agente reductor una solución de borohidruro de sodio al 3 % y el 1% de hidróxido de sodio

### **Procedimiento Operatorio para Cadmio**

#### **Solución diluyente:**

En una fiola de 100 ml se agregó 1 ml de fosfato de amonio al 10 % y 8 ml de ácido nítrico concentrado se enraso con agua ultrapura y se homogenizo

Los estándares para la curva de calibración se prepararon de la siguiente manera:

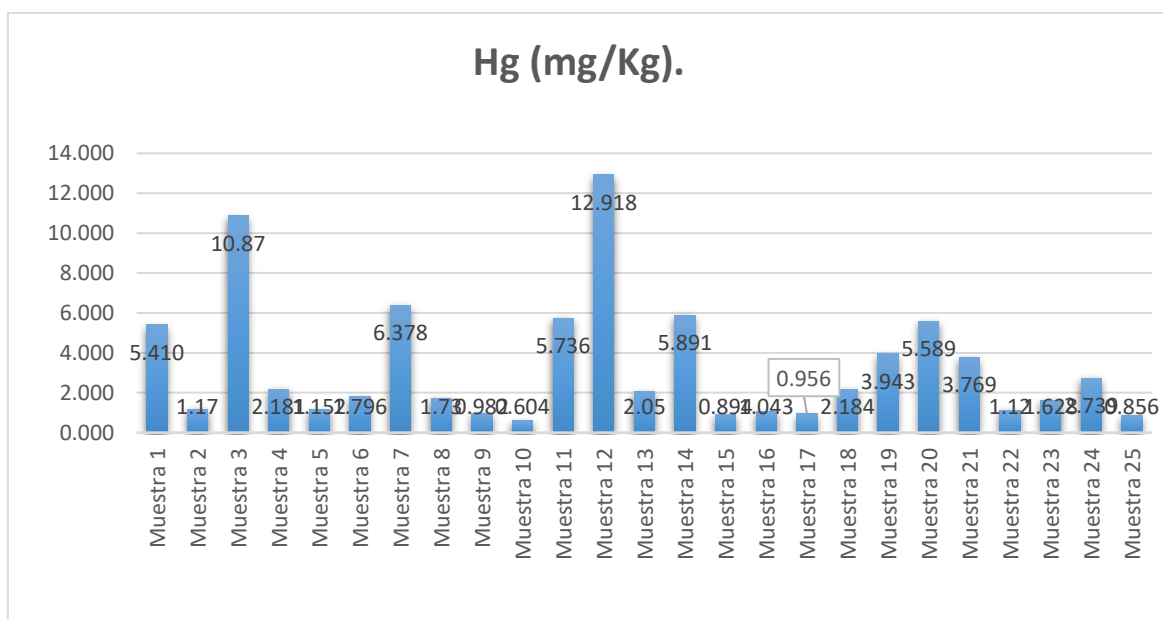
A partir de una solución Stock de 1000 ppm de cadmio se tomaron 1 ml y se preparó una solución de 1000 ppm con agua ultra pura en una fiola de 100 ml, luego se tomó 1 ml de la solución y se preparó una solución de 100 ppb en una fiola de 100 ml. Finalmente se tomó 0.5, 1:25, 2.5 y 5 ml de la solución de 100 ppb, 2 ml de ácido nítrico concentrado y 50 ul de permanganato de potasio al 5 % se preparó soluciones de 2,5,10, y 20 ppb con agua ultra pura en fiolas de 25 ml.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO

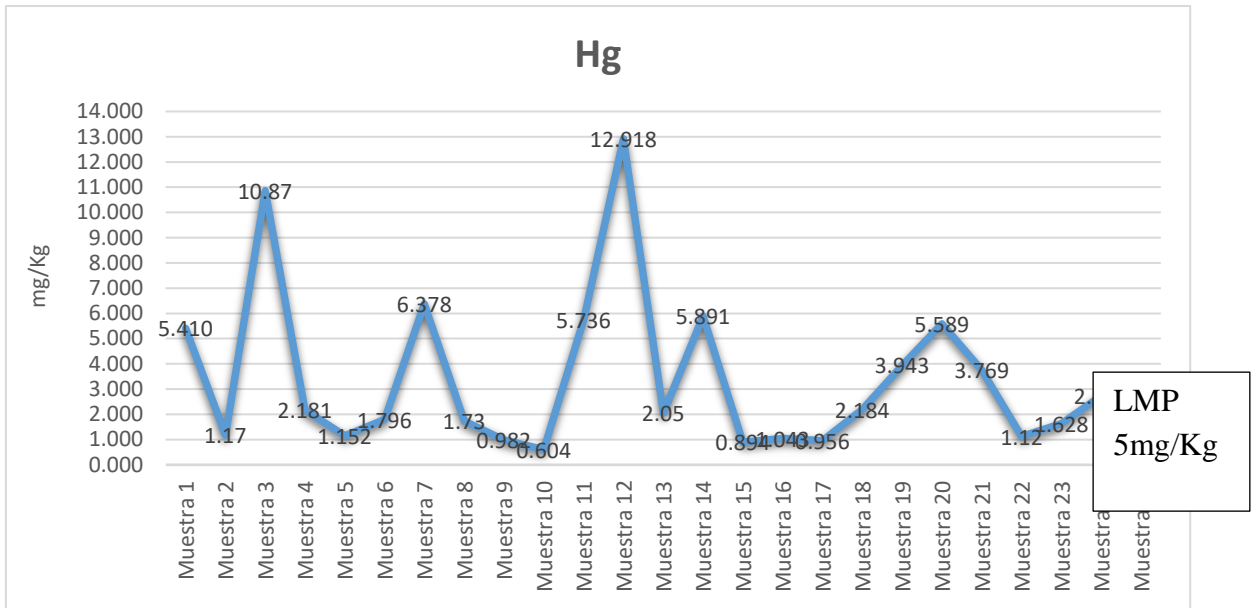
#### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Resultados del Análisis Toxicológico a las muestras de Orina de los pobladores del distrito de Huayhuay



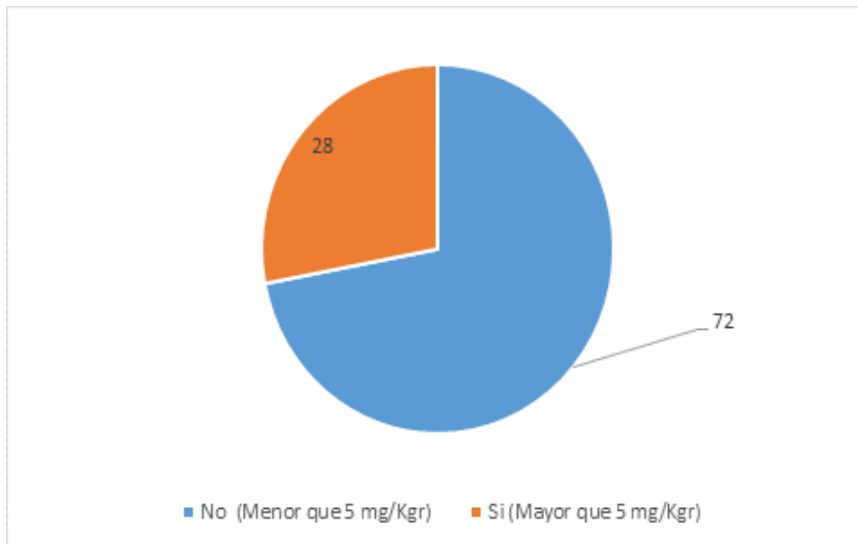
**Gráfico N° 1: Resultados de los valores de concentración de Mercurio**

Del grafico se aprecia que el máximo valor de mercurio se encuentra en la muestra 12 (12,918 mg/Kg), seguido por la muestra 3 con valor de (10,87%), el mínimo valor se encuentra en la muestra 10 (0,604 mg/Kg).



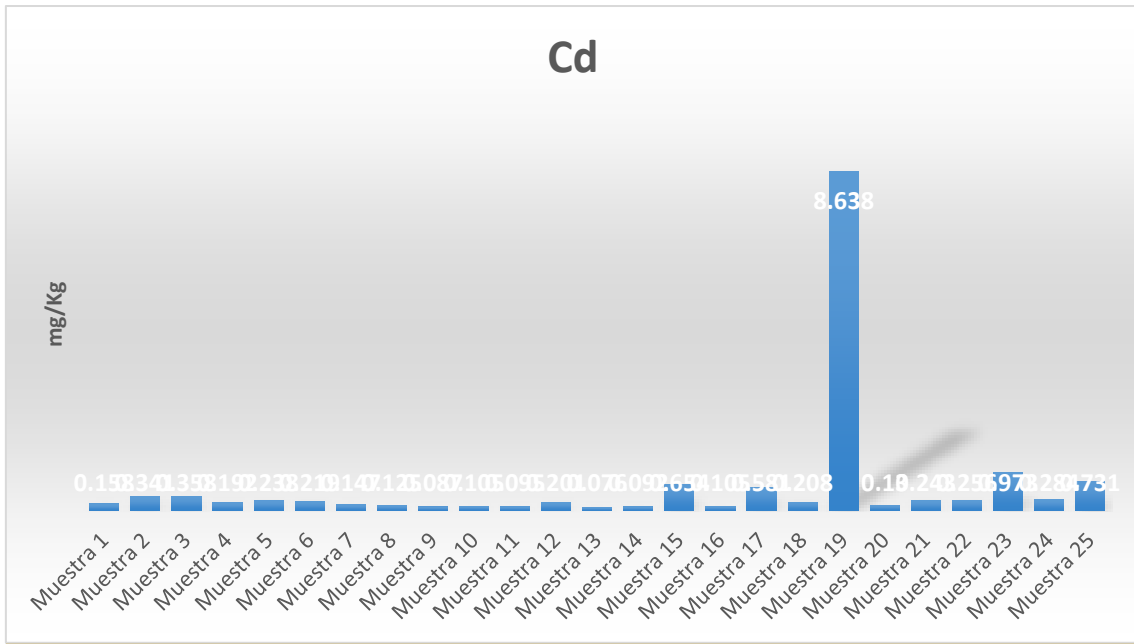
**Gráfico N°2: Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la OMS**

Del total de las muestras el 28% de las muestras analizadas supera el LMP según estándar Nacional. Siendo 12.918 mg/Kg la lectura más elevada.



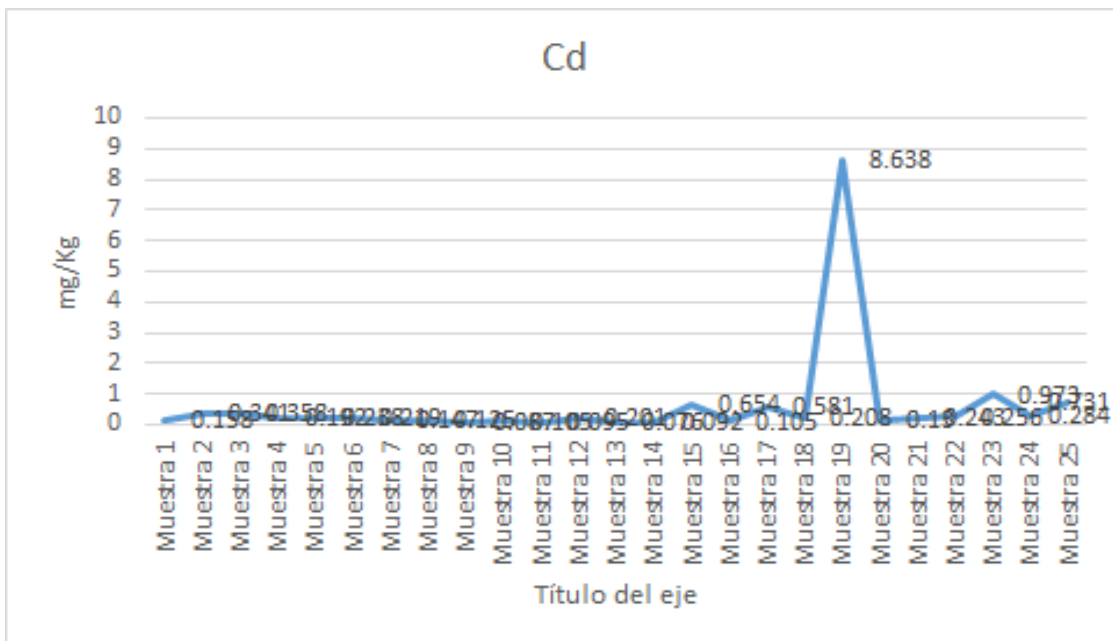
**Gráfico N°3: Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la N.T.P**

Se obtiene que el 28% de las muestras analizadas supera el LMP para Mercurio según la N.T.P, y el 72% de las muestras analizadas están libre de Mercurio o se encuentran dentro de los límites establecidos.



**Gráfico N°4 Resultados de los valores de concentración de Cadmio**

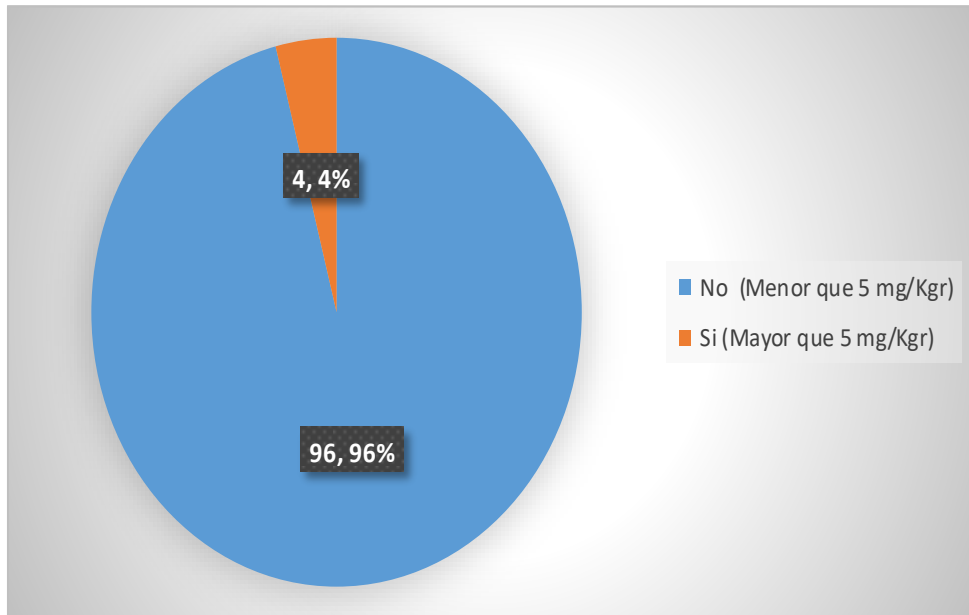
Del total de las muestras el 28% de las muestras analizadas supera el LMP según estándar Nacional. Siendo (8,638mg/ Kg) en la lectura más elevada.



**Gráfico N°5: Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la OMS**

Del total de las muestras el 28% de las muestras analizadas supera el LMP según estándar Nacional. Siendo 8.638 mg/Kg la lectura más elevada.





**Gráfico N°6: Porcentaje de muestras analizadas que superan los límites máximos permisibles según la N.T.P para cadmio**

Se obtiene que el 4% de las muestras analizadas que supera el LMP para cadmio según la N.T.P, y el 96% de las muestras analizadas están Apto para su uso por encontrarse el cadmio dentro de los límites establecidos para su comercialización.

Valor de prueba = 5			
	t	gl	Sig. (bilateral)
Valores de cadmio (ug/L)	-13.005	24	.000

**Tabla N°1: Prueba de muestra única**

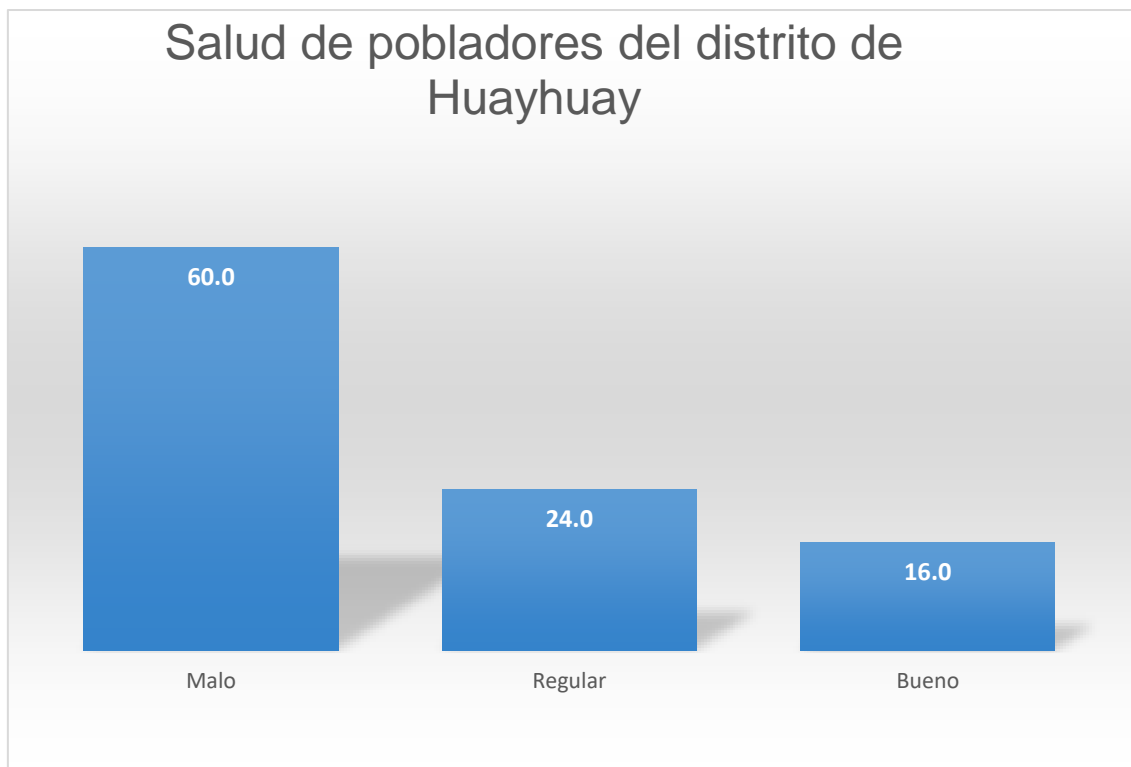
**4.1.2. Resultados del Análisis estadístico del Estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay**

Estadísticos		
Mercurio		Estado de salud
N	25	25
Media	0.61	29.60
Desviación estándar	1.69	9.70
cadmio	Valor	
Válido	25	
Media	0.609	
Desviación estándar	1.688	

**Tabla N°2: Datos estadísticos de Media y desviación estándar**

Frecuencia		Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Malo	15	60 %	60 %	60 %
Regular	6	24 %	24 %	84 %
Bueno	4	16 %	16 %	100 %
Total	25	100 %	100 %	

**Tabla N°3: Estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay**

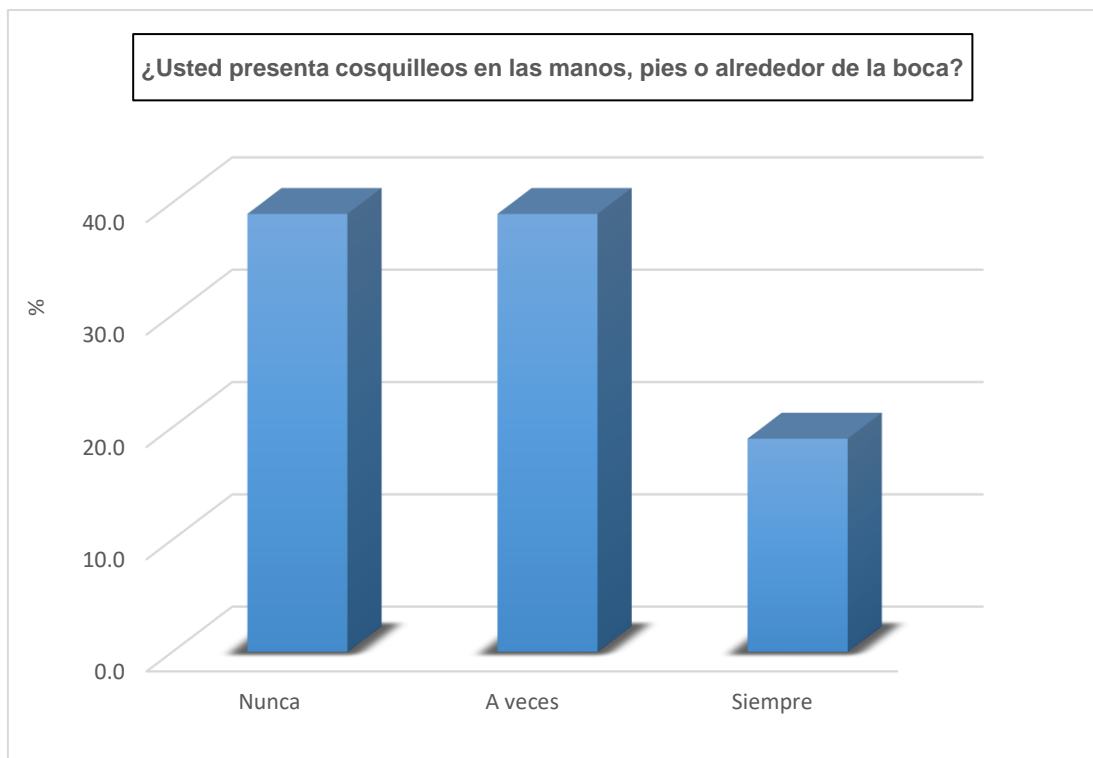


**Figura N°3:** Representa el porcentaje del estado de salud de la población encuestada el cual indica que el 60 % tiene un mal estado de salud o presentan algunos o todos los síntomas descritos en las encuestas.

#### 4.1.3. Descripción estadística de los resultados de las encuestas realizadas a los Pobladores de Huayhuay

**Tabla N°4:** ¿Ud. presenta cosquilleos en las manos, pies o alrededor de la boca?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido</b>	Nunca	10	40,0	40,0	40,0
	A veces	10	40,0	40,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

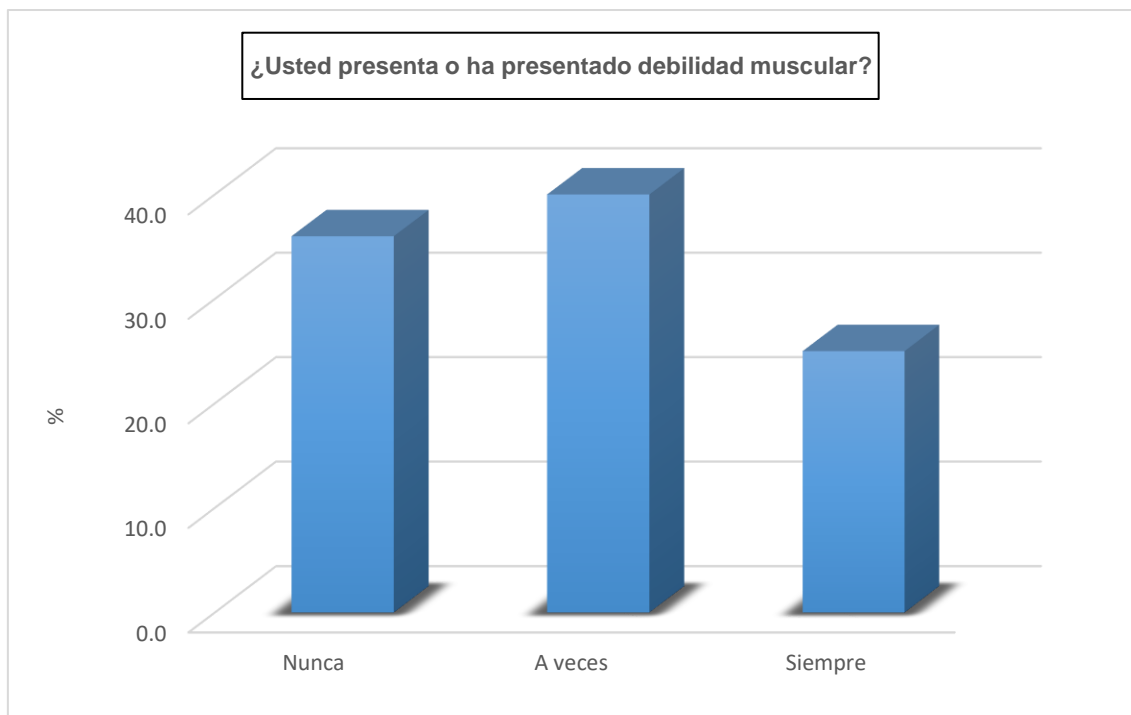


**Figura N°4: ¿Ud. presenta cosquilleos en las manos, pies o alrededor de la boca?**

El 20 % menciona que siempre presentan cosquilleos en las manos, pies y alrededor de la boca y el 60 % que nunca o a veces ha presentado este síntoma

**Tabla N°5: ¿Ud. presenta o ha presentado debilidad muscular?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	9	36,0	36,0	36,0
	A veces	10	40,0	40,0	76,0
	Siempre	6	24,0	24,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

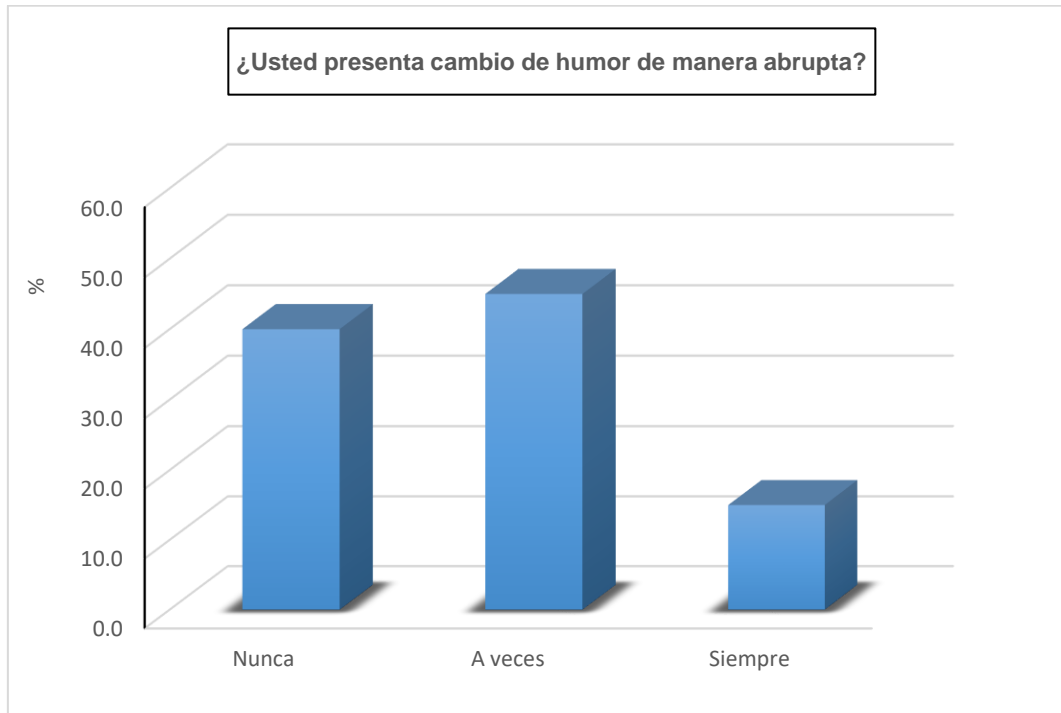


**Figura N°5: ¿Ud. presenta o ha presentado debilidad muscular?**

El 39 % difiere que presento a en ocasiones este síntoma, y el 24 % que siempre lo ha presentado.

**Tabla N°6: ¿Ud. presenta un cambio de humor de manera abrupta?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	10	40,0	40,0	40,0
	A veces	11	44,0	44,0	84,0
	Siempre	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

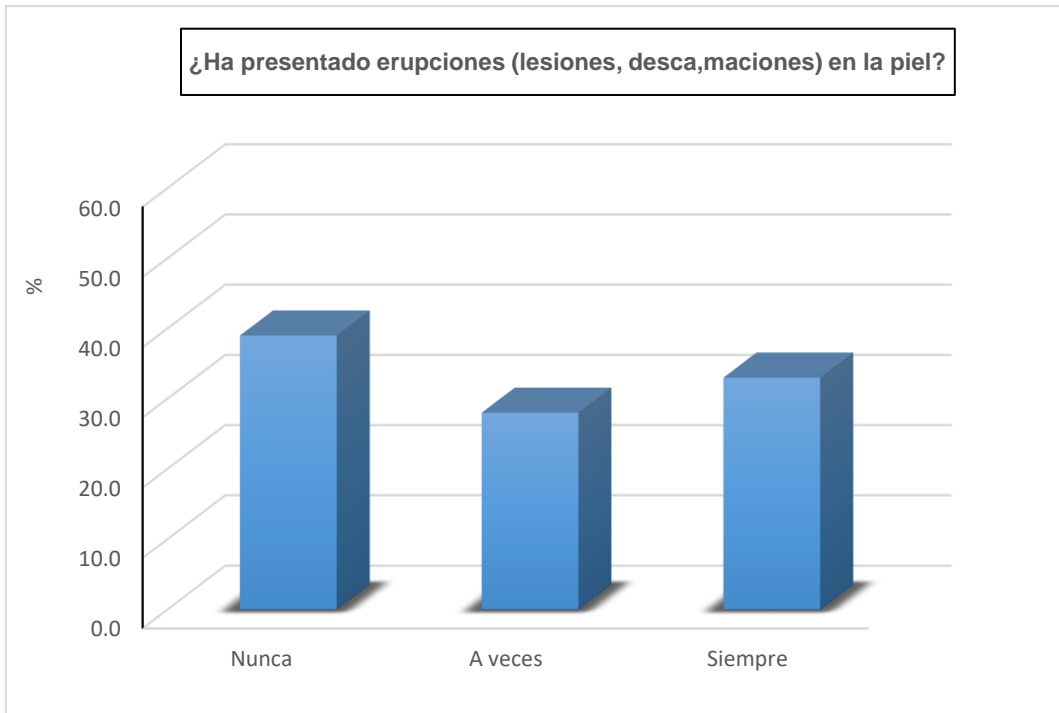


**Figura N°6: ¿Ud. presenta un cambio de humor de manera abrupta?**

El 40 % de la población menciona que nunca presentó dicho síntoma sin embargo el 15 % si reconoce sufrirlo.

**Tabla N°7: ¿Ha presentado erupciones (lesiones, descamaciones) en la piel?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	10	40,0	40,0	40,0
	A veces	7	28,0	28,0	68,0
	Siempre	8	32,0	32,0	100,0
<b>Total</b>		<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

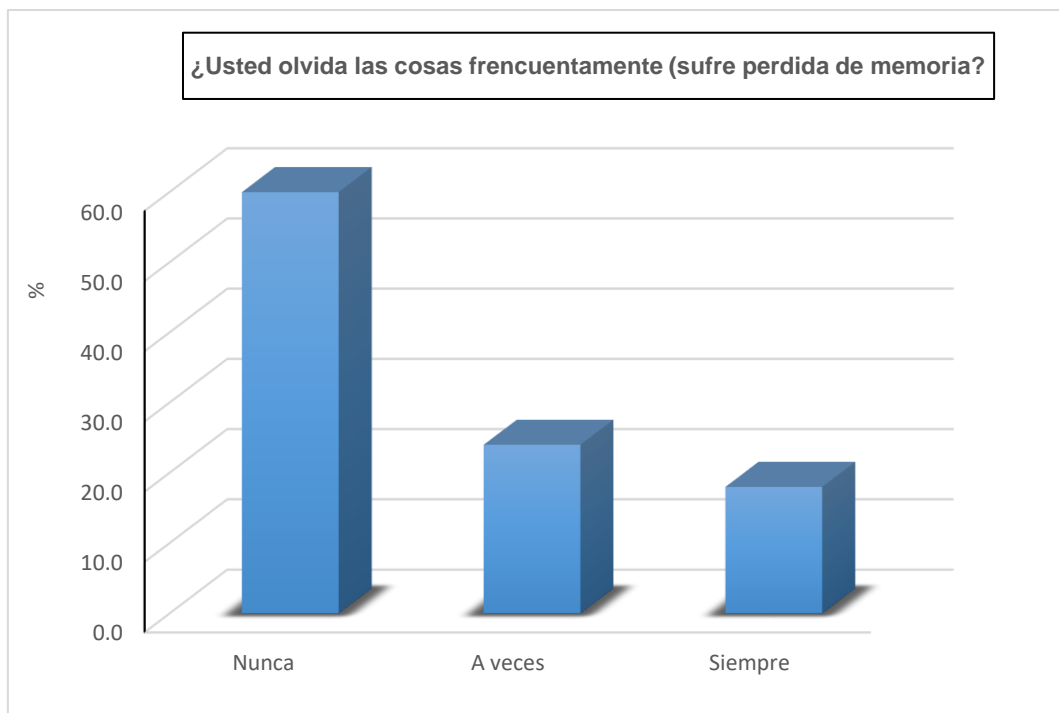


**Figura N°7: ¿Ha presentado erupciones (lesiones, descamaciones) en la piel?**

El 39 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 33 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°8: Ud. olvida las cosas frecuentemente (sufre pérdida de memoria)?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido</b>	Nunca	15	60,0	60,0	60,0
	A veces	6	24,0	24,0	84,0
	Siempre	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



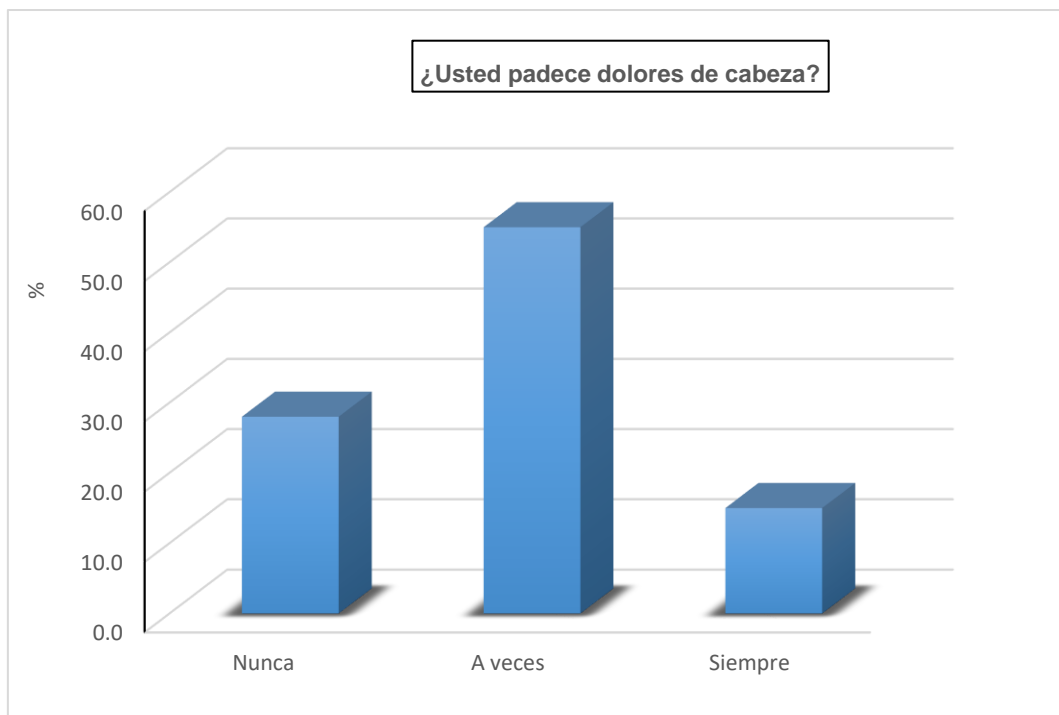
**Figura N°8: ¿Ud. olvida las cosas frecuentemente (sufre pérdida de memoria)?**

El 60 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 18 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°9: ¿Ud. padece dolores de cabeza?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	7	28,0	28,0	28,0
	A veces	14	56,0	56,0	84,0
	Siempre	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



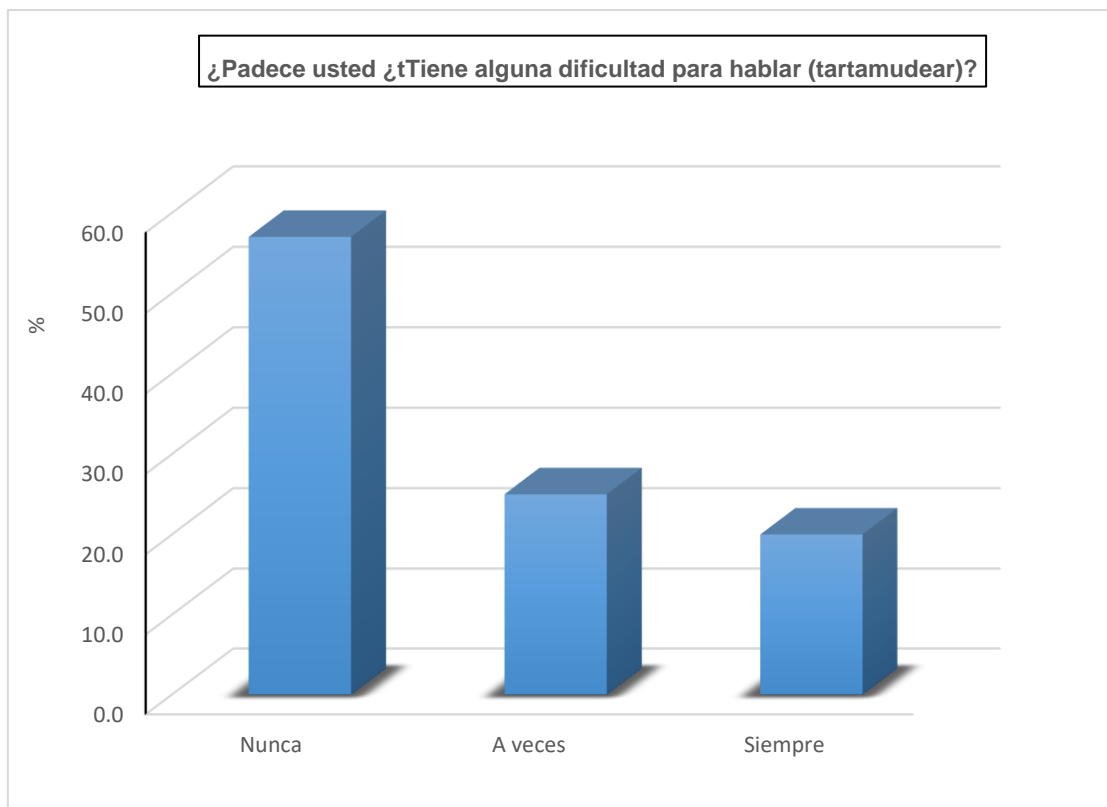


**Figura N°9: ¿Ud. padece de dolor de cabeza?**

El 55 % menciona que a veces ha sufrido este síntoma y el 15 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°10: ¿Padece Ud. ¿Tiene alguna dificultad para hablar (tartamudea)?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	14	56,0	56,0	56,0
	A veces	6	24,0	24,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

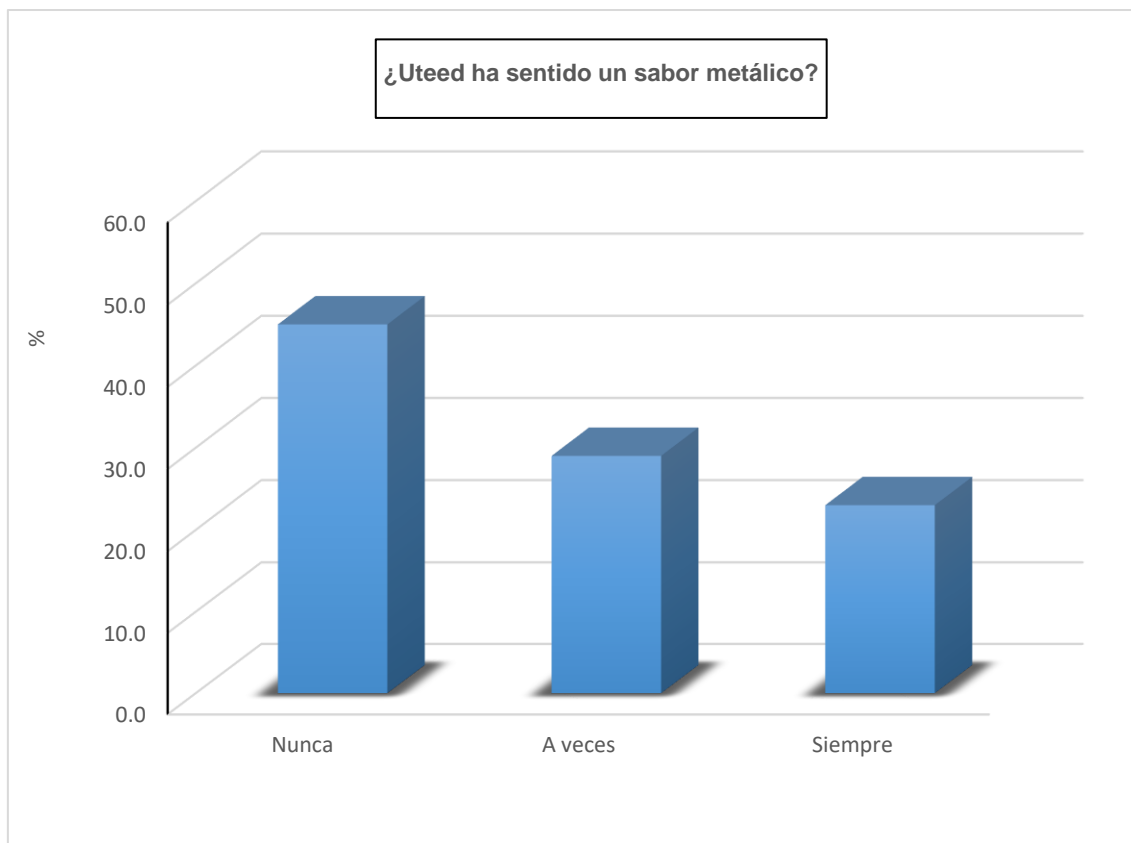


**Figura N°11: ¿Padece Ud. ¿Tiene alguna dificultad para hablar (tartamudea)?**

El 57 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 20 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°11: ¿Usted ha sentido un sabor metálico?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido</b>	Nunca	12	48,0	48,0	48,0
	A veces	7	28,0	28,0	76,0
	Siempre	6	24,0	24,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

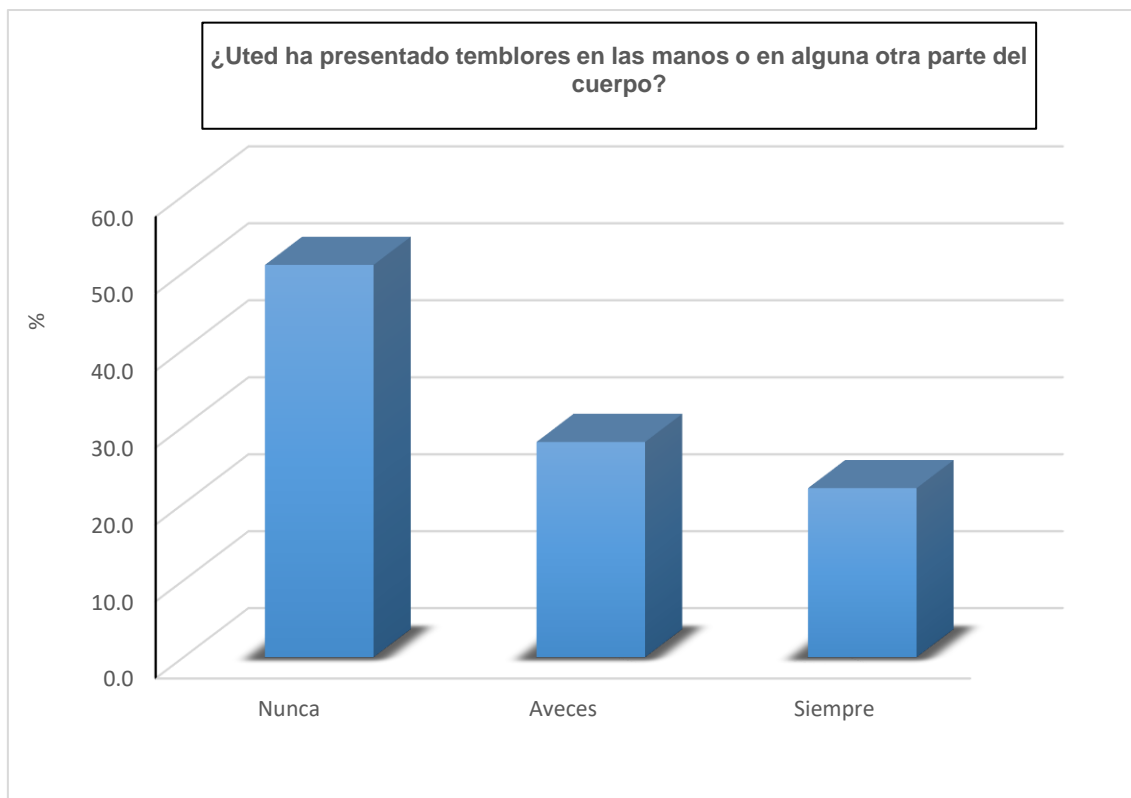


**Figura N°12: ¿Usted ha sentido un sabor metálico?**

El 48 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 23 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°12: ¿Usted ha presentado temblores en las manos o en alguna otra parte del cuerpo?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido</b>	Nunca	13	52,0	52,0	52,0
	A veces	7	28,0	28,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

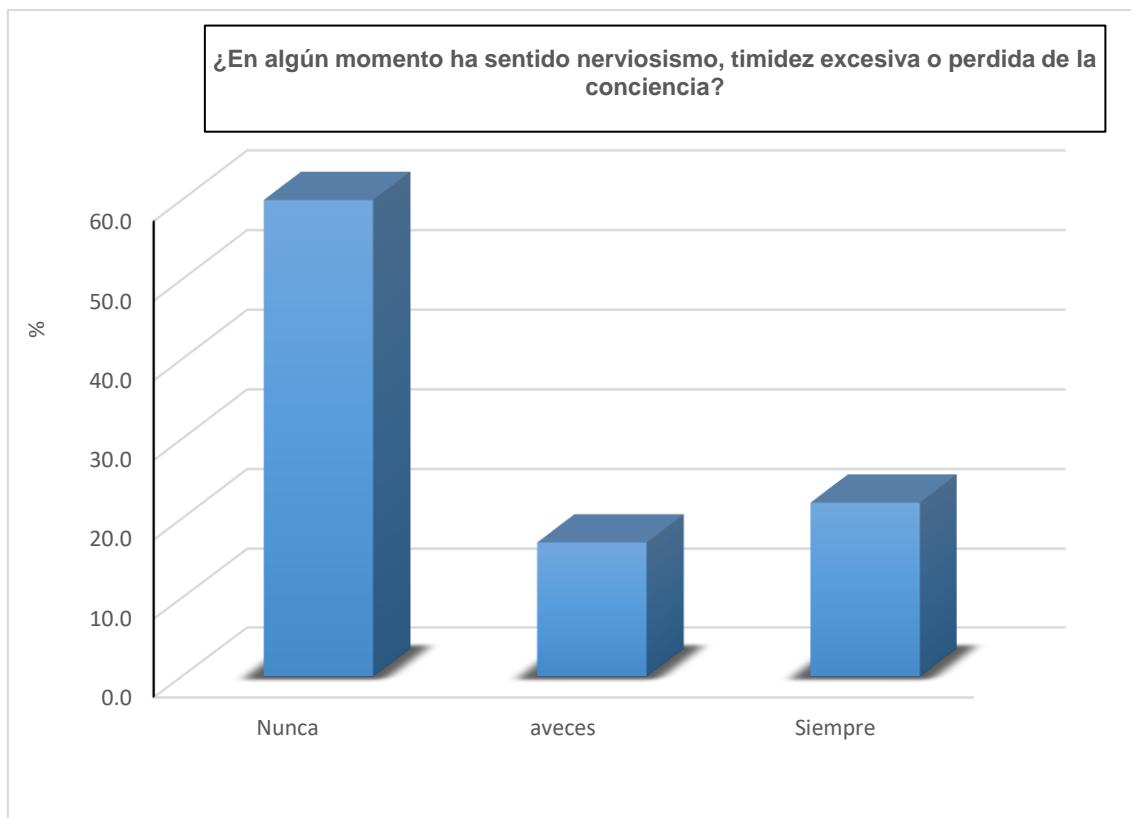


**Figura N°12: ¿Usted ha presentado temblores en las manos o en alguna otra parte del cuerpo?**

El 52 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 20 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°13: ¿En algún momento ha sentido nerviosismo, timidez excesiva o pérdida de la conciencia?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	16	64,0	64,0	64,0
	A veces	4	16,0	16,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

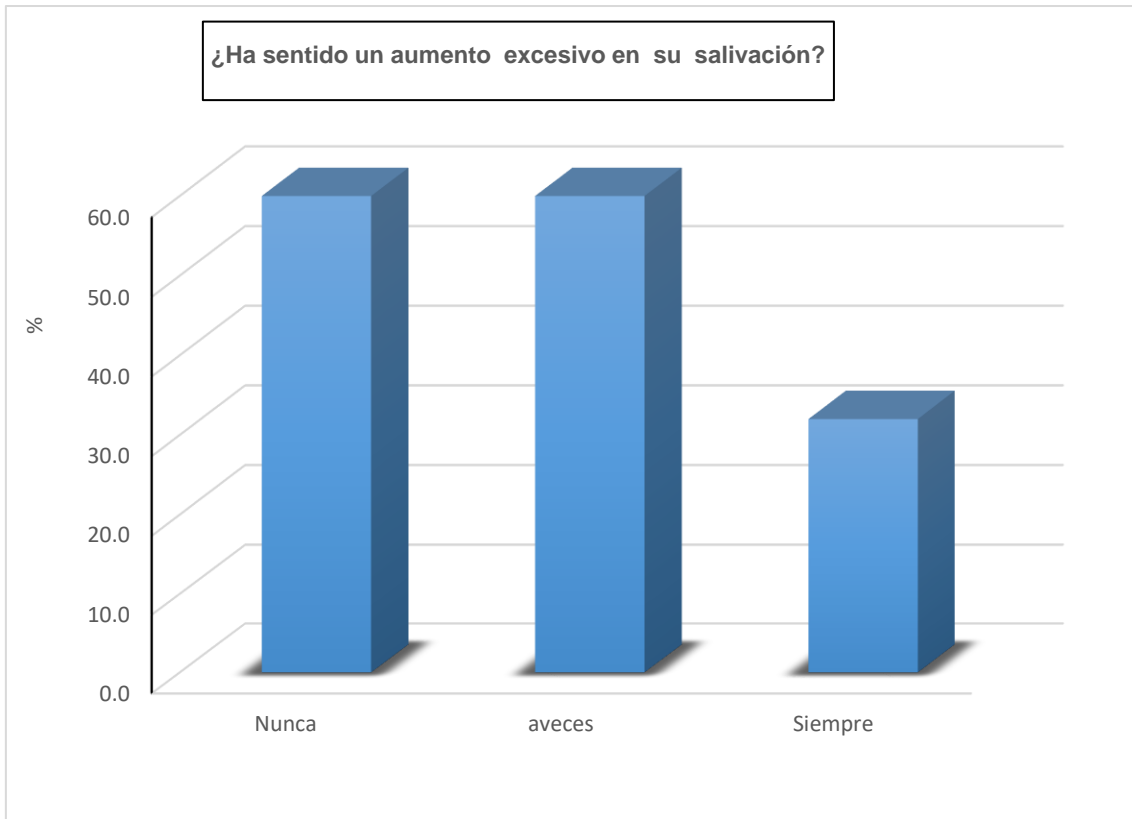


**Figura N°13: ¿En algún momento ha sentido nerviosismo, timidez excesiva o pérdida de la conciencia?**

El 62 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 18 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°14: ¿Ha sentido un aumento excesivo en su salivación?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	10	40,0	40,0	40,0
	A veces	10	40,0	40,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

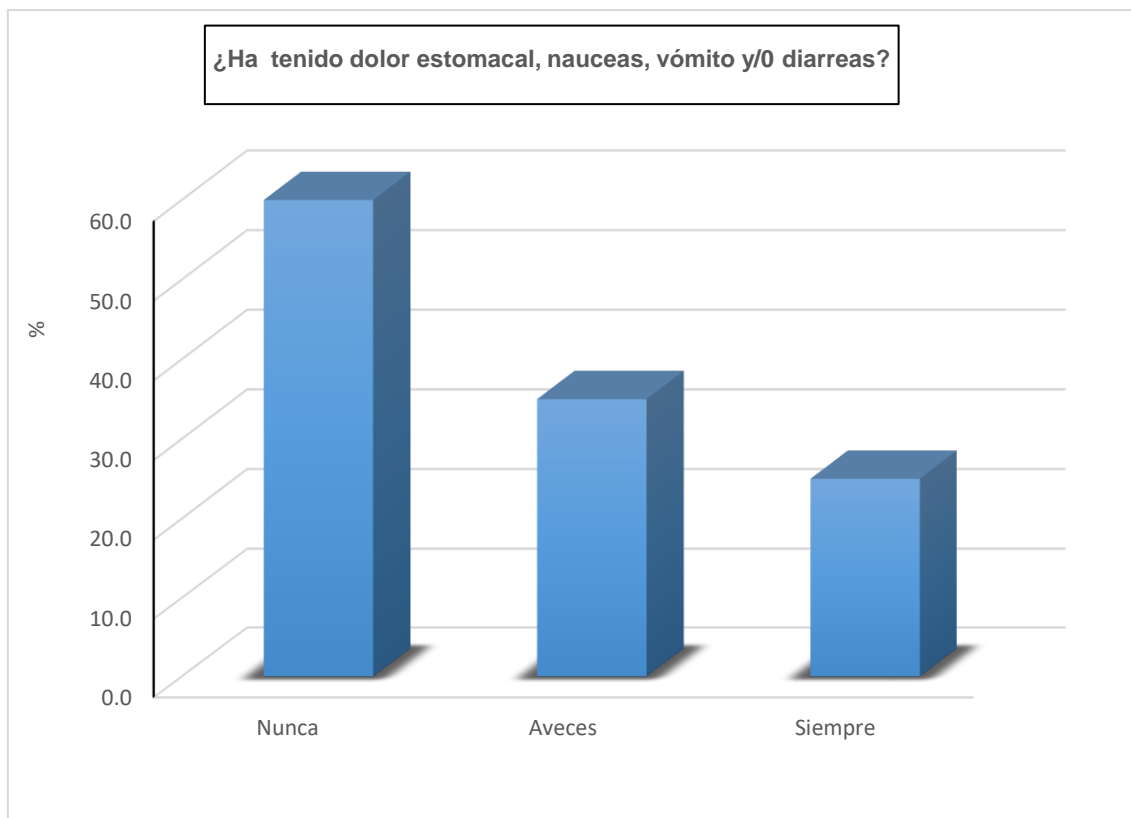


**Figura N°14: ¿Ha sentido un aumento excesivo en su salivación?**

El 40 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 18 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°15: ¿Ha tenido dolor estomacal, náuseas, vómitos y/o diarreas?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	13	52,0	52,0	52,0
	A veces	7	28,0	28,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

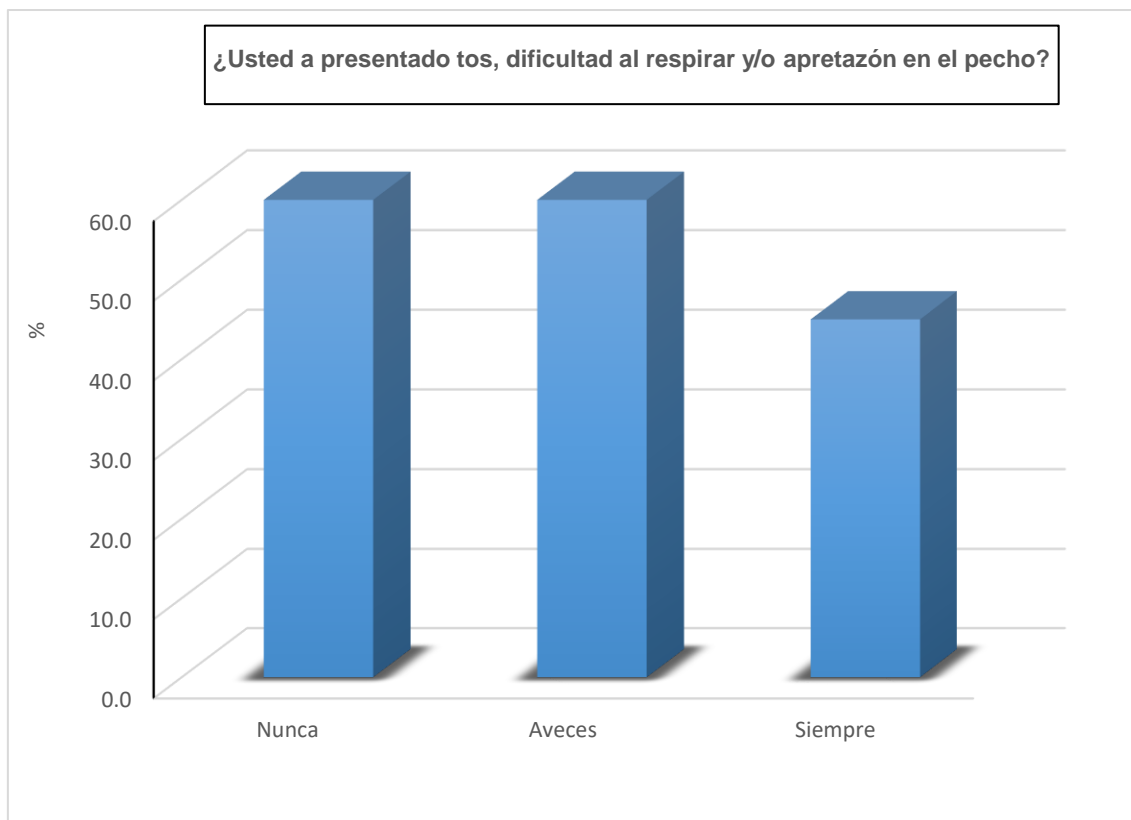


**Figura N°15: ¿Ha tenido dolor estomacal, náuseas, vómitos y/o diarreas?**

El 28 % menciona que a veces ha sufrido este síntoma y el 18 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N°16: ¿Usted ha presentado tos, dificultad al respirar y/o apretazón en el pecho?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	9	36,0	36,0	36,0
	A veces	9	36,0	36,0	72,0
	Siempre	7	28,0	28,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



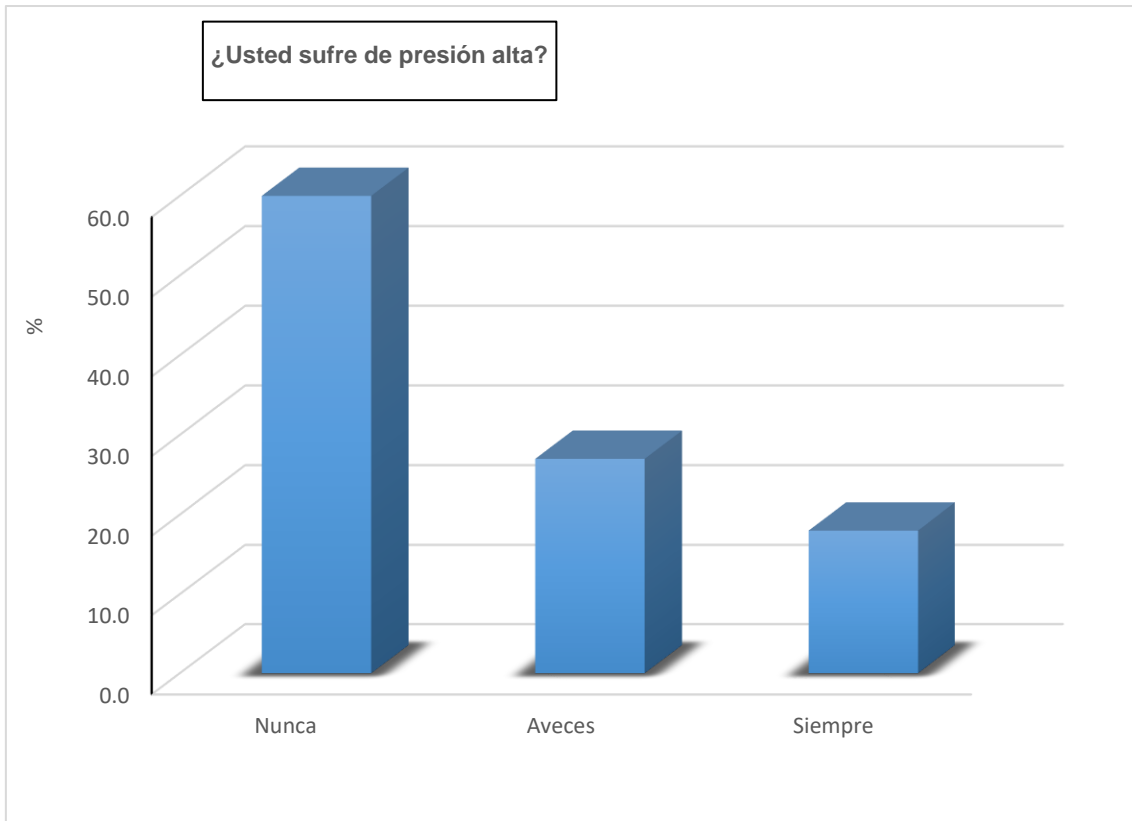
**Figura N°16: ¿Usted ha presentado tos, dificultad al respirar y/o apretazón en el pecho?**

El 36 % menciona que a veces ha sufrido este síntoma y el 29 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N 17: ¿Usted sufre de presión alta?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	15	60,0	60,0	60,0
	A veces	6	24,0	24,0	84,0
	Siempre	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



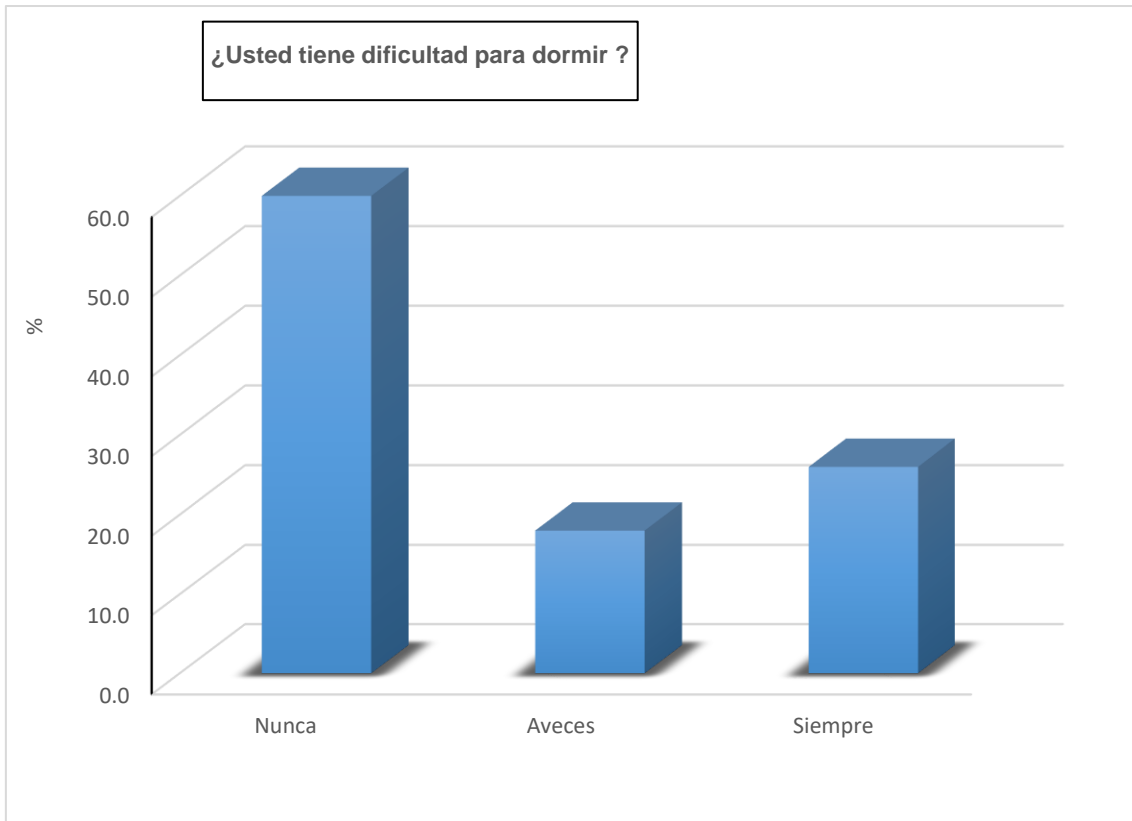


**Figura 17: ¿Usted sufre de presión alta?**

El 59 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 15 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N 18: ¿Usted tiene dificultad para dormir?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	17	68,0	68,0	68,0
	A veces	3	12,0	12,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

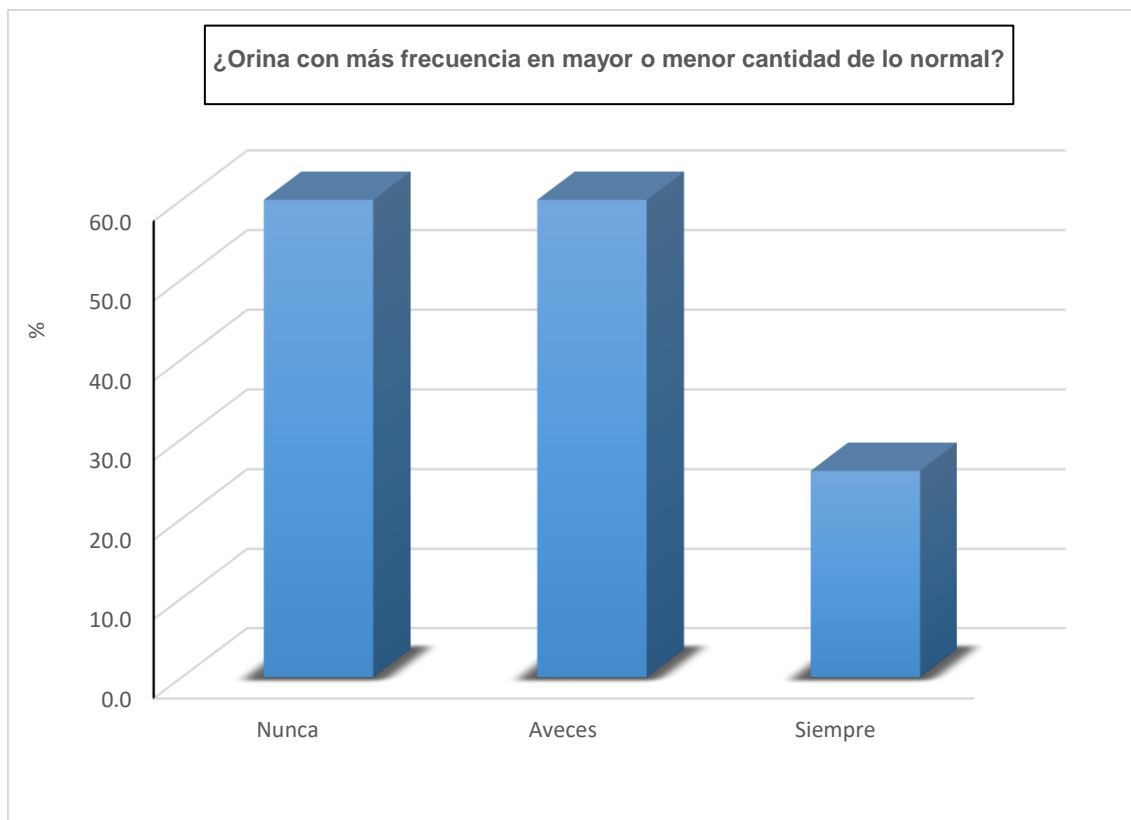


**Figura N 18: ¿Usted tiene dificultad para dormir?**

El 65 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 20 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N 19: ¿Orina con más frecuencia en mayor o menor cantidad de lo normal?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	10	40,0	40,0	40,0
	A veces	10	40,0	40,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

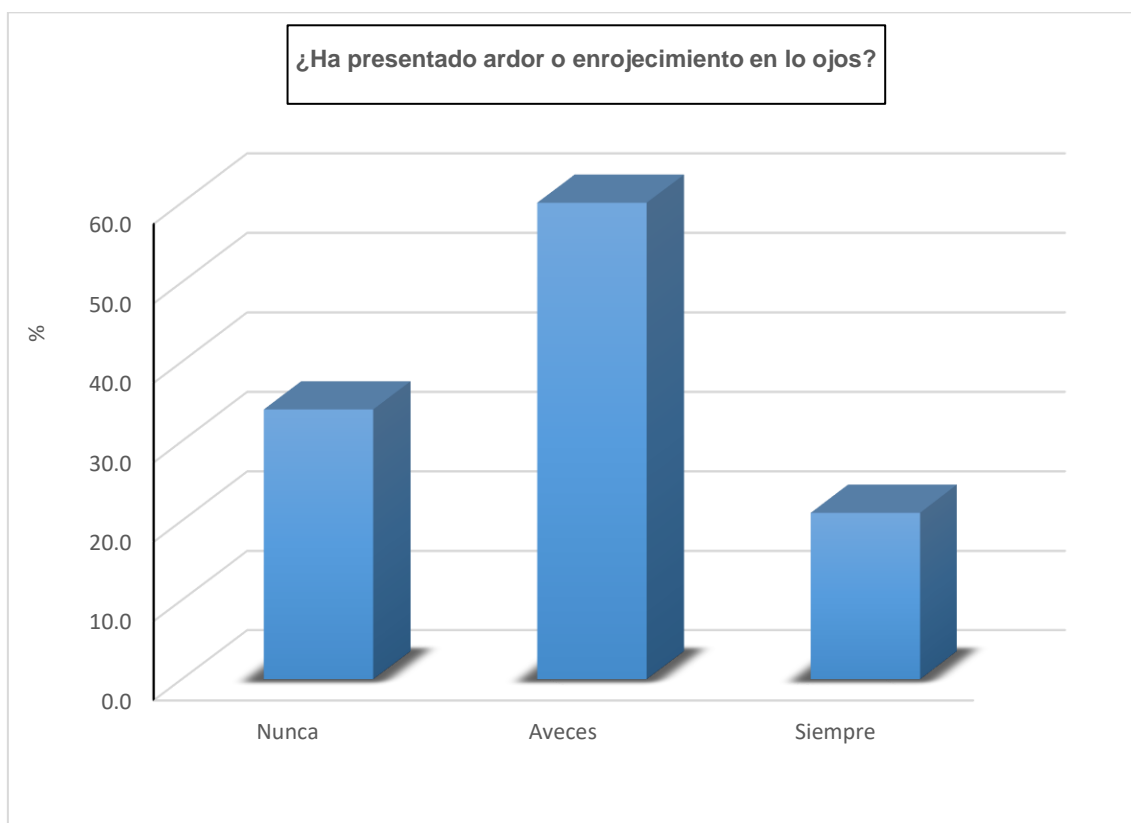


**Figura N°19: ¿Orina con más frecuencia en mayor o menor cantidad de lo normal?**

El 40 % menciona que nunca ha sufrido este síntoma y el 20 % que siempre ha presentado dicho síntoma

**Tabla N 20: ¿Ha presentado ardor o enrojecimiento en los ojos?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nunca	8	32,0	32,0	32,0
	A veces	12	48,0	48,0	80,0
	Siempre	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	



**Figura N 20: ¿Ha presentado ardor o enrojecimiento en los ojos?**

El 46 % menciona que a veces ha sufrido este síntoma y el 20 % que siempre ha presentado dicho síntoma

## 4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### Hipótesis 1

Ho: No existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

Ho: Existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

**Nivel de significación 0,05**

**Estadística de prueba**

<b>Correlaciones</b>			
		<b>cadmio</b>	<b>Signos y síntomas</b>
cadmio	Correlación de Pearson	1	,501*
	Sig. (bilateral)		,011
	N	25	25
Signos y síntomas	Correlación de Pearson	,501*	1
	Sig. (bilateral)	,011	
	N	25	25

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Regla de decisión rechazar  $H_0$  si  $\text{sig} < 0,05$

### **Conclusión**

Dado que  $\text{sig} = 0,011 < 0,05$  entonces rechazar  $H_0$ , por lo tanto, aceptar  $H_1$  es decir Existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín. Asimismo, se aprecia una moderad correlación positiva (0,501)

### **Hipótesis 2**

$H_0$ : No existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

Ho: Existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

**Nivel de significación 0,05**

**Estadística de prueba**

<b>Correlaciones</b>			
		Valores de Mercurio (ug/L)	Signos y síntomas
Valores de Mercurio (ug/L)	Correlación de Pearson	1	0,459
	Sig. (bilateral)		0,021
	N	25	25
Signos y síntomas	Correlación de Pearson	0,459	1
	Sig. (bilateral)	0,021	
	N	25	25

Regla de decisión rechazar Ho si sig<0,05

### **Conclusión**

Dado que la sig =0,011<0,05 entonces rechazar Ho, por lo tanto, aceptar H1 es decir Existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín. Asimismo, se aprecia una moderada correlación positiva (0,459)

### Hipótesis 3.

Ho: Los niveles urinarios de mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

H1: Los niveles urinarios de mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín no superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

**Nivel de significación: 0.05**

**Estadístico de prueba**

	Valor de prueba = 5		
	t	gl	Sig. (bilateral)
Valores de Mercurio (ug/L)	-2,603	24	0,066

**Regla de decisión aceptar Ho si sig >0,05**

### Conclusión

Dado que sig =0,066 >0,05 entonces rechazar Ho, por lo tanto aceptar H1 es decir Los niveles urinarios de mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

Ho: Los niveles urinarios de cadmio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

H1: Los niveles urinarios de cadmio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín no superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

Nivel de significación: 0.05

Estadístico de prueba

Valor de prueba = 5			
	t	gl	Sig. (bilateral)
<b>Valores de cadmio (ug/L)</b>	-13,005	24	0,55

Regla de decisión rechazar  $H_0$  si  $\text{sig} < 0,05$

Dado que  $\text{sig} = 0,55 > 0,05$  entonces aceptar  $H_0$ , por lo tanto aceptar H1 es decir Los niveles urinarios de cadmio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

### Hipótesis general

$H_0$ : Los niveles urinarios de cadmio y mercurio no se relacionan significativamente con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

H1: Los niveles urinarios de cadmio y mercurio se relacionan significativamente con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

Nivel de significación: 0.05



## Estadístico de prueba

COEFICIENTES						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	24,919	2,583		9,649	0,000
	Valores de Mercurio (ug/L)	1,400	0,565	0,459	2,478	0,021
a. Variable dependiente: Estado de salud						

Regla de decisión rechazar  $H_0$  si  $\text{sig} < 0,05$

Dado que para la variable valores de cadmio ( $\text{sig} < 0,05$ ) y valores de mercurio ( $\text{sig} < 0,05$ ) entonces rechazar  $H_0$ , por lo tanto, aceptar  $H_1$  es decir Los niveles urinarios de cadmio y mercurio se relacionan significativamente con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayuy provincia de Yauli región Junín

## IV RESULTADO

### 4.1 Discusión de Resultados

Los resultados reportan que existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín. Asimismo, se aprecia una moderada correlación positiva (0,501), este resultado coincide con la investigación de **González J et al (2006)** quien demostró que las concentraciones de cadmio se relacionan con la salud de los trabajadores <sup>(19)</sup>,

Asimismo, nuestra investigación evidencia existe una relación positiva significativa entre Los niveles urinarios de mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín. Del mismo modo, se aprecia una moderada correlación positiva (0,459), **López S (2013)**, quien concluye que las personas que colaboraron presentan niveles de mercurio en concentraciones que la EPA considera nocivas para la salud <sup>(17)</sup>, de la misma manera los resultados de la presente investigación coincide con la investigación de **Mamani G (2012)** , demostró que relación positiva entre el conocimiento sobre medidas preventivas y el efectos tóxicos del mercurio, los trabajadores de la mina la Rinconada están en constante riesgo de contraer enfermedades ocupacionales, debido a la falta de conocimiento <sup>(12)</sup> , los resultados de la presente investigación también coincide con la investigación de **Camargo S. Yanayaco R. (2018)** La contaminación de Mercurio (Hg) afecta la salud de los habitantes de dos centros poblados del distrito de Ccochaccasa, provincia de Angaraes – Huancavelica, los resultados de esta investigación también coincide con la investigación de **Luna S. (2007)**. Quien concluye que los niveles de mercurio son proporcionales al padecimiento de muchas enfermedades <sup>(18)</sup>. Los niveles urinarios de mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU en un 28% de las muestras analizadas. La media de concentración de mercurio en nuestra serie es 3.181ug/L, estos resultados coinciden con la investigación de **Luna S. (2007)**, quien encontró

valores bajos de mercurio, sin embargo, nuestros resultados discrepa con los hallados por **Monteagudo F. (2001)**. **Yanayaco R. (2018)** quienes encontraron valores altos de mercurio. La presente investigación demuestra que los niveles urinarios de cadmio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU en un 28 % de las muestras analizadas, en nuestra serie aprecia que la media de concentración de cadmio fue 0.609 ug/L, estos resultados discrepan con los hallados por **González J et al (2006)** y **González S. (2017)** quien determino alto valores de cadmio en las muestras estudiadas.

Nuestros resultados también reportan que Dado que para la variable valores de cadmio ( $\text{sig} < 0.05$ ) y valores de mercurio ( $\text{sig} < 0,05$ ) entonces rechazar  $H_0$ , por lo tanto aceptar  $H_1$  es decir Los niveles urinarios de cadmio y mercurio se relacionan significativamente con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín, estos resultados coinciden con la investigación de **González J et al (2006)** Se pone en evidencia que las intoxicaciones por plomo y cadmio son un problema presente en el ámbito laboral chileno y que las medidas de protección aplicadas a los trabajadores son eficaces, especialmente si se detecta precozmente el problema, antes de que se evidencien repercusiones derivadas de la intoxicación crónica (19), también coincide con la investigación de **Molina R. (2015)** quien encontró que los metales pesados como cadmio y mercurio entre otros metales es una preocupación por el riesgo para la salud que representa la exposición a metales pesados tales como el plomo, mercurio, cadmio, manganeso y ciertos metaloides como el arsénico (20)

## 4.2. CONCLUSIONES

- Los niveles urinarios de cadmio y mercurio se relacionan significativamente con el estado de salud de los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín

- Existe una relación positiva significativa moderada (0.501) entre Los niveles urinarios de cadmio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.
- Existe una relación positiva significativa moderada (0.459) entre Los niveles urinarios de Mercurio con los signos y síntomas que presentan los pobladores del distrito de Huayhuay provincia de Yauli región Junín.
- Los niveles urinarios de cadmio y Mercurio de los habitantes del distrito de Huayhuay provincia de Yauli en la región Junín superan los límites máximos permisibles establecidos por la EU.

#### **4.3. RECOMENDACIONES**

- Incentivar la implementación de una Norma Técnica Peruana (NTP), que normalice la presencia de elementos tóxicos en las poblaciones vulnerables. Por ello, sería necesario que el estado controle y realice medidas necesarias que aseguren los límites permisibles de cadmio y mercurio.
- Incentivar a que se realice este tipo de estudios en otras ciudades de Junín con diversos con el fin de determinar presencia de metales.
- Analizar muestras de sangre, orina y cabello para determinar concentraciones mercurio y cadmio, presentes en personas que estén expuestas a zonas de alto riesgo
- Promover un sistema de apoyo para la conservación y protección del medio ambiente mediante capacitación permanente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Álvarez R.; Amancio F. Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha - Llanganuco periodo [Tesis]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2014.
2. Osorio S et al Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá Revista de Salud Pública ISSN 0124-0064 Colombia 2013
3. López S. Concentración de mercurio en cabello de una muestra de la población adulta de Yucatán estudio descriptivo [Tesis] México D.F. 2013.
4. Molina R. Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en Huelva 2015 disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=57390>
5. Chámame F; Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” de los centros de producción de la provincia de Yauli – Junín. [Tesis] Universidad Nacional Trujillo. Perú 2009.
6. Aparicio I. "El mercurio en la cuenca del Tambopata. repercusiones en la salud humana y del ecosistema" universidad nacional agraria la Molina escuela de posgrado maestría en conservación de recursos forestales. [tesis] Perú 2015.
7. Mamani P. Nivel de conocimiento sobre medidas preventivas y efectos tóxicos del Mercurio en trabajadores de la mina la Rinconada, [tesis] Puno-Perú 2012 Disponible en :<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2169>
8. Monteagudo F. Evaluación de la contaminación por mercurio en la población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena Ayacucho [tesis] Perú 2001.
9. González S. “Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la bioacumulación de cadmio y mercurio y su relación con el crecimiento en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de dos criaderos de la región Junín Perú” [tesis] Perú 2017
10. Huancaré P. Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la

- laguna de Mamacocha, [Tesis]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Perú 2014.
11. Wiener J et al. Contaminant Sources and Effects, Ecotoxicology of Mercury, Lewis Publishers by CRC Press LLC, Segunda edición, Cap.16 2003
  12. Rojas, M. "Exposición ambiental y humana al mercurio Venezuela", Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Agosto 2010 Vol. 14 N° 2      Disponible en <http://www.redalyc.org/html/3759/375939014009/>
  13. Cabañero O. Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales: desarrollo de nuevas metodologías de análisis universidad complutense de Madrid Facultad de Ciencias Químicas departamento de Química Analítica [Tesis] España 2005.
  14. Mason, R et al "The Biogeochemical Cycling of Elemental Mercury: Anthropogenic influences. En: James G.Wiener, David P. Krabbenhoft, Gary H. Heinz y Anton M. Scheuhammer,"Handbook of Ecotoxicology", Sección II. Contaminant Sources and Effects, Ecotoxicology of Mercury, 2003
  15. Johnson. K. Higiene del mercurio. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. 3; (1978): pp. 475-486.
  16. FOA, V. BERTELLI, G. Indicadores biológicos para la valoración de la exposición a los compuestos químicos industriales: mercurio" Comisión de las Comunidades Europeas (1984) Luxemburgo
  17. Bruhn G, A. Organización Mercurio en el cabello de embarazadas y madres lactantes chilenas Chile (1995) Disponible en: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/15533/v119n5p405.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  18. Eisler, R. Peligros del mercurio para los peces, la fauna silvestre e invertebrados: Un examen sinóptico Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos Patuxent Wild life Center Laurel, MD 20708 Informe Biológico: 85 (1.10)
  19. Clarkson, eds. Plenum Press, New York. 262. Svecovicus. (2006). Acute toxicity of hexavalent chromium to European freshwater fish. Bull EnvironContamnToxicol; 77(5):741–747.

20. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA Productos Químicos, “Evaluación mundial sobre el mercurio”, (2002) Ginebra, Suiza, 288 pp. Dic.
21. Rubio A, Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria. Evaluación toxicológica Universidad de la laguna [tesis] España 2005
22. Andrade I, P. “Determinación de la presencia de mercurio en leche cruda producida en la parroquia de Machachi”. Universidad central del Ecuador [tesis] Ecuador 2016
23. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury, 2011. Disponible en:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>
24. Academia Nacional de Medicina. Seminario Internacional sobre clínica del mercurio. Memorias. Antioquia, Colombia 2003. Disponible en:  
[http://www.anmdecolombia.net/medicinacompletas/MEDICINA%20vol%2026%20\(65\)%20Junio%202004.pd](http://www.anmdecolombia.net/medicinacompletas/MEDICINA%20vol%2026%20(65)%20Junio%202004.pd)
25. Clarkson, eds. Plenum Press, New York. 262. Svecovicus. (2006). Acute toxicity of hexavalent chromium to European freshwater fish. Bull EnvironContamnToxicol; 77(5):741–747.
26. Hursh J B., et al.: Clearance of mercury vapor inhaled by human subjects. Arch Enviromental Health. (1976) (31):pp. 302-309.
27. Langan D. Fan P. Hoss A.: The use of mercury in destindustry: a critical review of the recent literature. JADA. (1987) Dec (115): pp. 867-879.
28. H. KIMIKO. “Mecanismo de transporte del metilmercurio por absorción intestinal”. Facultad Medicina de Kumamoto. (1974) Japón.
29. Ardilla B, Determinación de mercurio en organismos marinos de interés comercial y su relación con los niveles de la población de pescadores en algunas zonas del pacifico colombiano [Tesis] España 2000.
30. Albers James; Kallenbach Lee; Fine Lawrence and others: Neurological abnormalities associated with remote occupational elemental mercury exposure. Ann. Neurological Journal. (1988); 24(5): pp.651-9.
31. Corey O. Galvao L. cadmio. serie vigilancia nº 4 eco/oms/ops. México D.F. p. 19 – 40, 46 – 54. 1989.

32. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Revista Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Revista en línea] 63(1):51-64. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63\\_n1/toxicologia.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/toxicologia.htm)
33. KHANZ LAWRENCE A. Química Clínica moderna. Ed. Panamericana. 7ma. Ed. 1986.
34. Cedano Villanueva, K; Requena Castellares, L. Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, magnesio y plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las avenidas Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; [Tesis ] Perú; 2007
35. COREY O. G; GALVAO I. A. Cadmio. Serie Vigilancia N° 4 ECO/OMS/OPS. México D.F. p. 19 – 40, 46 – 54. 1989
36. Goodman G; Las bases farmacológicas de la terapéutica. Ed. Médica Panamericana S.A. 7ma Ed. p. 1531 – 1532. BB.AA. Arg. 1986
37. Singhal RL, Vijayvargiya R, Shukla GS. 1985 Toxic effects of cadmium and lead on reproductive functions. In: Thomas JA, Korach KS, Mc Lachlan JA (eds.), Endocrine Toxicology. New York: RavenPress 149–179
38. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Takayuki S, Introducción a la toxicología de los alimentos, Departamento de Toxicología Ambiental, Universidad de California, Davis, Davis, California, Berkeley, California: 2010
39. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Productos químicos evaluados para determinar el potencial cancerígeno. Oficina de Programas de Plaguicidas, División de Efectos de la Salud, Subdivisión de Gestión de la Información Científica; 2006.
40. Jamall IS, Naik M, Sprowls JJ. Comparación de los efectos del cadmio dietético sobre las enzimas oxidantes del corazón y del riñón: Evidencia de la mayor vulnerabilidad del corazón a la toxicidad del cadmio. 1989
41. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Arsenic. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999