



**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO  
VALDIZÁN”**

**ESCUELA DE POST GRADO**

**DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PROYECTO DE TESIS**

---

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MERCURIO EN EL AMBIENTE QUE  
PRODUCEN TOXICIDAD EN LAS PERSONAS DE LOS CONSULTORIOS Y  
CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS DE LA CIUDAD DE HUANUCO – 2014**

---

**TESISTA:**

Mg. Marco Antonio Olivares García

**ASESOR:**

Dra. María del Carmen Villavicencio Guardia

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
LISTA DE TABLAS.....	07
LISTA DE FIGURAS.....	08
LISTA DE ANEXOS.....	09
INTRODUCCIÓN.....	13
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
2.1 GENERALIDADES DEL MERCURIO.....	27
2.2 TOXICOCINÉTICA DEL MERCURIO.....	29
2.3 TOXICODINAMIA DEL MERCURIO.....	30
2.4 CICLO DEL MERCURIO.....	31
2.5 MERCURIO Y ODONTOLOGÍA.....	32
2.6 RUTAS DE EXPOSICIÓN AL MERCURIO EN ODONTÓLOGOS Y ASISTENTES DENTALES.....	36
2.7 RIESGO OCUPACIONAL EN ODONTÓLOGOS Y ASISTENTES DENTALES.....	37
2.8 MEDIDAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE INTOXICACIÓN POR MERCURIO.....	40

2.9 MÉTODO ANALÍTICO PARA EVALUACION DE MERCURIO EN AIRE.....	43
<b>3. DISEÑO METODOLOÓGICO.....</b>	<b>45</b>
3.1 TIPO DE ESTUDIO.....	45
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSION.....	47
3.3.1. Criterios de inclusión: .....	47
3.3.2. Criterios de exclusión: .....	47
3.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	47
<b>4. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....</b>	<b>50</b>
4.1 RECURSOS HUMANOS.....	50
4.2 RECURSOS MATERIALES Y FINANCIEROS.....	50
4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	51
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>6. DISCUSION.....</b>	<b>62</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
RECOMENDACIONES.....	67
IMPACTO ESPERADO.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXO A. SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	76

## Lista de Tablas

**Pág.**

<b>Tabla N° 01.</b> Características Físico-Químicas del Mercurio.....	14
<b>Tabla N° 02.</b> Determinación de la concentración de mercurio en el ambiente de trabajo odontológico sin paciente.....	28
<b>Tabla N° 03.</b> Determinación de la concentración de mercurio en la escupidera sin paciente de consultorios y clínicas odontológicas.....	30
<b>Tabla N° 04.</b> Determinación de la concentración de mercurio en el mesón de trabajo sin paciente de consultorios y clínicas odontológicas.....	32
<b>Tabla N° 05.</b> Determinación de la concentración de mercurio en el mesón de trabajo con paciente de consultorios y clínicas odontológicas.....	34

## Lista de Figuras

**Pág.**

<b>Figura N° 1.</b> El ciclo del mercurio.....	16
<b>Figura N° 2.</b> Imagen de la colocación de una amalgama dental.....	19
<b>Figura N° 3.</b> Zeeman analizador de mercurio RA-915+.....	25

## Lista de Anexos

**Pág.**

**Anexo A.** Siglas y Abreviaturas.....71

**Anexo B.** Concentraciones de mercurio medidos en el aire de diferentes centros  
odontológicos de la ciudad de Huánuco.....72

**Determinación de los niveles de mercurio en el ambiente que producen toxicidad en las personas de los consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Huánuco – Perú**

**Determination of the levels of mercury in the environment that produce toxicity in the persons of the clinics and dental clinics in the city of Huanuco – Peru**

**RESUMEN**

El vapor de mercurio generado por la colocación y extracción de amalgamas dentales es un contaminante en los ambientes clínicos odontológicos debido a su toxicidad y energía cinética que le imprime la pieza de mano utilizada para este fin, haciendo más fácil su penetración al tracto respiratorio.

El objetivo primordial de la presente investigación fue determinar los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Huánuco, Perú. Para tal fin se utilizó un estudio descriptivo de corte transversal; en el cual, se establecieron los vapores de este metal en el ambiente, en la escupidera y mesón de trabajo de 9 consultorios clínicos mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. El periodo empleado para la recolección de las muestras fue de dos meses, comprendido entre Octubre y Noviembre del 2013.

Los resultados mostraron niveles de vapores de mercurio en el 56.66% de las diferentes aéreas sin pacientes promediados: 2.206 ng/m<sup>3</sup> aire ambiental, 4.435 ng/m<sup>3</sup> escupidera, 2.116 ng/m<sup>3</sup> mesón de trabajo. En relación al 43.34% de los sitios con atención de pacientes en el momento de la medición el promedio es el siguiente: 32.837 ng/m<sup>3</sup> aire

ambiental, 21.088 ng/m<sup>3</sup> escupidera, 11.394 ng/m<sup>3</sup> mesón de trabajo; encontrándose niveles muy por encima de los estándares permisibles de acuerdo a los requerimientos de la EPA (300ng/m<sup>3</sup>)

Se concluye que existe un desconocimiento total del peligro a nivel laboral y ambiental en la utilización de las amalgamas dentales y que los profesionales del área de odontología no reciben educación ni capacitación sobre la temática.

Palabras Claves: odontología, mercurio, amalgamas dentales, vapores de mercurio.

## **ABSTRACT**

The mercury vapor generated by the placement and removal of dental amalgam is a contaminant in dental clinical settings because of its toxicity and kinetic energy that gives it the handpiece used for this purpose, making it easier to penetrate the respiratory tract.

The primary objective of this investigation was to determine the levels of mercury in the air of dental offices and clinics of the city of Huanuco, Peru. To this end we used a cross sectional study, in which were set fumes of mercury in the atmosphere in the spittoon and work table of 9 clinical offices using the technique of atomic absorption spectrophotometry. The period used for collection of samples was six months between October and November 2013.

The results showed mercury vapor levels in 56.66% of the different areas without patients averaged: 2,206 ng/m<sup>3</sup> ambient air, 4,435 ng/m<sup>3</sup> spittoon, 2.116 ng/m<sup>3</sup> bench. In relation to 43.34% of sites with patient care at the time of measuring the average is as follows: 32,837 ng/m<sup>3</sup> ambient air, 21,088 ng/m<sup>3</sup> spittoon, 11,394 ng/m<sup>3</sup> work table, found much higher levels permissible standards according to the requirements of the EPA (300. ng/m<sup>3</sup>)

We conclude that there is a total ignorance of the danger to occupational and environmental level in the use of dental amalgam and the dental professionals, education or training on the subject.

Key words: dentistry, mercury, dental amalgam, mercury vapors.

## INTRODUCCION

El mercurio es un metal que por sus propiedades ha sido utilizado en diferentes campos, entre los que se encuentra la odontología en la elaboración de amalgamas dentales. Su uso y toxicidad han sido estudiados desde tiempos antiguos, hoy día sigue siendo uno de los más graves problemas para la salud humana y ambiental. La contaminación por mercurio es la causa de una variedad de efectos adversos en los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como en el hombre. Por ser altamente tóxico, por su amplia distribución y uso es considerado potencialmente un contaminante a nivel mundial (Gutiérrez et al., 2008)<sup>1</sup>.

El mercurio es un metal pesado líquido, de color blanco plateado, que a temperatura ambiente se vaporiza, pudiendo permanecer en la atmósfera hasta por un año (Rutowski et al., 2006). Cuando se libera al aire, es transportado y depositado globalmente (Olivero, 2002). En la naturaleza puede encontrarse como sulfuro (cinabrio), aunque sus especies principales son el mercurio metálico o elemental (Hg), mercurio inorgánico o sales de mercurio (Hg<sup>+</sup>) y mercurio orgánico (Castro et al., 2005); siendo de mayor utilidad en el campo de la salud el mercurio elemental, el cual es utilizado en los instrumentos de medición de temperatura y presión arterial, también en la elaboración de las

---

<sup>1</sup> Gutiérrez M. 2008. Guías para el Manejo de Urgencias Toxicológicas. P. 32

amalgamas dentales como elemento restaurativo (Ramírez, 2008)<sup>2</sup>.

Desde hace tiempo este metal ha sido utilizado en la práctica odontológica por su capacidad de unir metales (amalgamar), por su bajo costo y rápida fijación en la reparación de piezas dentales. Existe una gran controversia acerca de la seguridad de las amalgamas dentales ya que el mercurio es un residuo peligroso de gran toxicidad (Al-Khatib et al., 2010), por lo que constituye una preocupación constante como riesgo ocupacional para los odontólogos, sus asistentes y por supuesto los pacientes que se exponen a los vapores de mercurio, potencialmente tóxicos (Paksoy et al., 2008; Gioda et al., 2007; Langworth et al., 1997; Ritchie et al., 2004). La liberación de partículas de amalgamas dentales en la práctica odontológica es un asunto de particular interés, debido al vertimiento de residuos de amalgamas directamente a aguas residuales contribuyendo a la liberación de mercurio en el medio ambiente (Jokstad, 2006; National Mercury Programs, 2001; Arenholt, 1992).<sup>3</sup>

En odontología la aleación de mercurio y otros metales (plata, cobre, estaño, zinc), es conocida como amalgama dental, siendo uno de los materiales más utilizados para la restauración funcional y morfológica dentaria por su bajo costo y fácil manipulación (Chaari et al., 2009). Aunque en la

---

<sup>2</sup> Ramírez A. 2008. Intoxicación ocupacional por mercurio. *An. Fac. med.* 46-51

<sup>3</sup> Jokstad A, Fan PL. 2006. Amalgama de gestión de residuos. *Int Dent J.* 147-153.

práctica privada no es usada la amalgama dental como restaurador de las piezas dentarias, si se realizan extracciones de ellas que son depositadas en las aguas residuales. En el caso específico de Cartagena-Bolívar, los vertederos de las aguas residuales son la Ciénaga de la Virgen y la Bahía de Cartagena, también utilizados para actividades como pesca, entretenimiento, los cuales tienen comunicación directa con el Mar Caribe.<sup>4</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS) confirmó que el mercurio presente en las amalgamas dentales, es la mayor fuente de vapores del metal en poblaciones no industrializadas, exponiendo a las personas afectadas a niveles que exceden significativamente los establecidos para los alimentos y el aire.<sup>5</sup>

Investigaciones científicas han reportado que la presencia de mercurio en el aire, el medio ambiente y dentro de centros de atención odontológica, excede los límites de exposición humana permisibles (Gioda et al., 2007; Stone et al., 2006)<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> Chaari N, Kerkeni A, y Otros. 2009. Mercury Impregnation in dental assistants in Monastir city, Tunisia. .P. 139-144.

<sup>5</sup> OMS, Informes de la Organización Mundial de la Salud 2005.P. 5

<sup>6</sup> Gioda A, Hanke G, y Otros. 2007. A pilot study to determine mercury exposure through vapor and bound to PM10 in a dental school environment. *Toxicol. Ind. Health.* 103-113.

Ritchie et al., 2004; Brown et al., 2002; Stonehouse et al., 2001). Dentro del grupo de profesionales del área de odontología, las más expuestas son las auxiliares, debido a la manipulación de las amalgamas dentales produciéndoles mal funcionamiento cognitivo (Hilt et al., 2009). En necropsias realizadas para medir las exposiciones de Hg en el cuerpo humano, ha sido encontrado que las principales fuentes de exposición de la población en general, son metilmercurio presentes en los alimentos, particularmente pescados y mariscos, Hg inorgánico de los alimentos y el vapor de mercurio de las amalgamas dentales (Björkman et al., 2007)<sup>7</sup>.

Por las razones expuestas anteriormente, este estudio brinda una primera aproximación al conocimiento de las concentraciones de mercurio al que están expuestos los pacientes, personal auxiliar y los odontólogos que elaboran en los centros odontológicos de la ciudad.

---

<sup>7</sup> Brown D, Sherriff M. 2002. Twenty years of mercury monitoring in dental surgeries. *Br. Dent. J.* 437- 441

## CAPÍTULO I

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los vapores de mercurio elemental son altamente tóxicos, su exposición aguda a niveles  $>1.000 \text{ ng/m}^3$  puede causar neumonía y otros signos de daño pulmonar, a niveles  $<100 \text{ ng/m}^3$  dan lugar a gingivitis, temblores de manos y eretismo (desordenes de personalidad, psicológicos que incluyen delirio, alucinaciones, cambios de comportamiento, etc.); en concentraciones de  $25-100 \text{ ng/m}^3$  a largo plazo están asociadas a síntomas más suaves como temblores casi imperceptibles, irritabilidad, insomnio o lasitud (Cabañero, 2009), además puede ocasionar trastornos neurológicos irreversibles (Pranjić et al., 2003), incluyendo afectación de la velocidad psicomotora, capacidad de atención, memoria visual inmediata (Ellingsen et al., 2001), función visual (Barboni et al., 2009), así como alteraciones en el sistema inmunológico, reproductivo y renal (Jarosińska et al., 2008; Rutowski et al., 2006; Morales et al., 2003; El-Safty et al., 2002 ).<sup>8</sup>

Las amalgamas dentales han sido usadas desde hace aproximadamente 200 años para obturar las cavidades dentarias ocasionadas por caries dentales (Hylander et al., 2006). Estas liberan vapor de Hg, el cual es absorbido en un 80% cuando se inhala, más aún, algunas partículas de

---

<sup>8</sup> Cabañero A. 2009. Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales: desarrollo de nuevas metodologías de análisis. Tesis Doctoral Universidad Complutense Facultad de Ciencias Química, Madrid España. P. 48.

mercurio son disueltas en la saliva y absorbidas posteriormente por el tracto gastrointestinal (Barregard et al., 1995; WHO 1991). A pesar de esto, la agencia internacional de regulación ha evaluado el potencial efecto de la amalgama dental de mercurio en la salud y no encontraron en 1997 razones para no recomendar su uso.

En el desarrollo de esta controversia sobre el uso del mercurio en odontología, la Organización Mundial de la Salud (OMS) determino: “El mercurio de uso odontológico es un contaminante ambiental no solamente de la atmósfera del consultorio, sino también de aguas residuales” (Rutowski et al., 2006; Ruiz et al., 2005; Vandeven et al., 2004), ya que los residuos de las amalgamas dentales son probablemente los químicos más importantes por su toxicidad generados a partir de la práctica clínica dental debido a la presencia de metales pesados entre sus componentes, principalmente mercurio (Pereira et al., 2010; Al-Khatib et al., 2010). Un estudio realizado en Canadá muestra que el mercurio ambiental se encuentra en el flujo de partículas de amalgamas dentales en aguas residuales y es biodisponible para los peces acumulándose en sus tejidos (Kennedy, 2003). Así mismo una investigación realizada en la Bahía de Cartagena en el año 1977, y citado por (Córdoba, 2001) en su libro de Toxicología dice: “Se han vertido a la Bahía de Cartagena siete toneladas de mercurio metálico y si consideramos que 250 gramos del metal son

capaces de contaminar 10 millones de libras de pescado, podemos fácilmente imaginar el peligro de esta situación”<sup>9</sup>.

Esta investigación fue desarrollada tomando como base los datos suministrados por la Dirección Regional de Salud (DIRESA), el cual registra que en Huánuco existen 32 establecimientos odontológicos entre consultorios privados y clínicas.

## **1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.**

¿Cuáles serán los niveles de mercurio en el ambiente odontológico que producen toxicidad en las personas de los consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Huánuco?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

La sociedad está expuesta de diversas maneras a metales pesados como el mercurio que con el tiempo, en forma crónica, propician el desarrollo de enfermedades a partir de intoxicaciones. Esto ha motivado la realización de campañas de prevención y control del uso de algunas de estas sustancias. En el presente se mira más los beneficios actuales y no los perjuicios futuros permanentes, provocados por la ingenuidad y/o ignorancia de los pacientes y algunos profesionales del

---

<sup>9</sup> Kennedy CJ. 2003. Uptake and accumulation of mercury from dental amalgam in the common goldfish, *Carassius auratus*. *Environ. Pollut.* 321-326.

área de la salud frente a las diversas complicaciones causadas por este metal que van desde obstrucciones de la vía metabólica hasta depresiones en el sistema nervioso central.

En la actualidad es necesario evaluar cuantitativamente el impacto de los niveles o vapores de mercurio presentes en la manipulación de las amalgamas y las consecuencias que esto genera en la salud humana a corto y largo plazo. Por ello, es de suma importancia monitorear con frecuencia los ambientes odontológicos, en donde es manipulado este metal, ya sea colocando o extrayendo amalgamas dentales; tomando muestras de aire, así como realizar periódicamente pruebas de laboratorio al personal en riesgo dando cumplimiento de esta manera a una recomendación de la Federación Dentaria Internacional (FDI), concerniente a la higiene del mercurio.

Es necesaria la cuantificación mercurial en el aire de los ambientes odontológicos de la ciudad de Huánuco, abarcando consultorios y clínicas dentales para comparar la información obtenida con valores permisibles por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, USA).

Conocer si los niveles de la posible contaminación mercurial, constituirá un fundamento para recomendar a las autoridades de la

DIRESA, Municipalidades y Facultades de Odontología de la ciudad de Huánuco, de igual manera a las clínicas y consultorios dentales, las modificaciones en los protocolos de prevención e infraestructura de las clínicas y laboratorios donde se maneja el mercurio de amalgamas dentales, y así hacer más seguros los ambientes de trabajo y estudio y evitar la posible contaminación ambiental. Asimismo, los resultados obtenidos en la investigación se darán a conocer a entidades privadas y gubernamentales motivándolas a la capacitación de los odontólogos y auxiliares acerca de los riesgos y contaminación ambiental a los que están sometidos.

#### **1.4 OBJETIVOS**

##### **Objetivo General**

Determinar los niveles de mercurio que producen toxicidad en los ambientes de los consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Huánuco.

##### **Objetivos Específicos**

- Identificar niveles de mercurio en aire ambiente
- Identificar niveles de mercurio en escupidera
- Identificar niveles de mercurio en mesa de trabajo.
- Comparar los niveles de mercurio obtenidos en los ambientes de

consultorios y clínicas odontológicas con los estándares internacionales, con el fin de determinar el riesgo de toxicidad.

### **1.5 HIPÓTESIS DESCRIPTIVA.**

Los niveles de mercurio en aire ambiental de los consultorios y clínicas odontológicas producen toxicidad en las personas de los consultorios y clínicas odontológicas.

#### **Hi Específico**

- ✚ Si determinamos niveles altos de mercurio en los ambientes odontológicos, entonces habrá efectos tóxicos en la salud de las personas.
- ✚ Si determinamos niveles bajos de mercurio en los ambientes odontológicos, entonces no habrá efectos tóxicos en la salud de las personas.
- ✚ Si determinamos niveles altos de mercurio en las escupideras odontológicas, entonces habrá efectos tóxicos en la salud de las personas.
- ✚ Si determinamos niveles bajos de mercurio en las escupideras odontológicas, entonces no habrá efectos tóxicos en la salud de las personas.
- ✚ Si determinamos niveles altos de mercurio en la mesa de trabajos odontológicos, entonces habrá efectos tóxicos en la salud de las personas.

- ✚ Si determinamos niveles bajos de mercurio en la mesa de trabajos odontológicos, entonces no habrá efectos tóxicos en la salud de las personas.

### 1.5 VARIABLES.

Las variables serán establecidas teniendo en cuenta que estarán encaminadas a satisfacer el objetivo general y los objetivos específicos.

Las variables que se definieron son las siguientes:

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Niveles de Mercurio	• Nivel de mercurio en el ambiente que produce toxicidad.	>50.000ng/m <sup>3</sup>	Razón
	• Nivel de mercurio en la escupidera odontológica.	>50.000ng/m <sup>3</sup>	Razón
	• Nivel de mercurio en la mesa de trabajos odontológicos.	>50.000ng/m <sup>3</sup>	Razón

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO Y DE REFERENCIA

#### 2.1 ANTECEDENTES

En el desarrollo de esta controversia sobre el uso del mercurio en odontología, la Organización Mundial de la Salud (OMS) determino: “El mercurio de uso odontológico es un contaminante ambiental no solamente de la atmósfera del consultorio, sino también de aguas residuales” (Rutowski et al., 2006; Ruiz et al., 2005; Vandeven et al., 2004), ya que los residuos de las amalgamas dentales son probablemente los químicos más importantes por su toxicidad generados a partir de la práctica clínica dental debido a la presencia de metales pesados entre sus componentes, principalmente mercurio (Pereira et al., 2010; Al-Khatib et al., 2010).<sup>10</sup>

Un estudio realizado en Canadá muestra que el mercurio ambiental se encuentra en el flujo de partículas de amalgamas dentales en aguas residuales y es biodisponible para los peces acumulándose en sus tejidos (Kennedy, 2003). Así mismo una investigación realizada en la Bahía de

---

<sup>10</sup> Rutowski J, Moszczyński P. 2006. Selected markers of subclinical renal damage in men occupationally exposed to mercury vapours. *P. Przegl. Lek.* 65-73.

Cartagena en el año 1977, y citado por (Córdoba, 2001) en su libro de Toxicología dice: “Se han vertido a la Bahía de Cartagena siete toneladas de mercurio metálico y si consideramos que 250 gramos del metal son capaces de contaminar 10 millones de libras de pescado, podemos fácilmente imaginar el peligro de esta situación.

El vapor de mercurio generado por la colocación y extracción de amalgamas dentales es un contaminante en los ambientes clínicos odontológicos debido a su toxicidad y energía cinética que le imprime la pieza de mano utilizada para este fin, haciendo más fácil su penetración al tracto respiratorio. Así mismo hay un desconocimiento total del peligro a nivel laboral y ambiental en la utilización de las amalgamas dentales y que los profesionales del área de odontología no reciben educación ni capacitación sobre la temática. Los resultados mostraron niveles de vapores de mercurio en el 56.66% de las diferentes aéreas sin pacientes promediados: 2.206 ng/m<sup>3</sup> aire ambiental, 4.435 ng/m<sup>3</sup> escupidera, 2.116 ng/m<sup>3</sup> mesón de trabajo. En relación al 43.34% de los sitios con atención de pacientes en el momento de la medición el promedio es el siguiente: 32.837 ng/m<sup>3</sup> aire ambiental, 21.088 ng/m<sup>3</sup> escupidera, 11.394 ng/m<sup>3</sup> mesón de trabajo; encontrándose niveles muy por encima de los estándares permisibles de acuerdo a los requerimientos de la EPA (300ng/m<sup>3</sup>).

“La práctica odontológica está seriamente expuesta de manera crónica al mercurio elemental, debido al uso de este metal en la elaboración de las amalgamas dentales. Por esta razón, el personal debe estar informado acerca del riesgo ocupacional al cual está expuesto y de las medidas para prevenirlo y disminuirlo. Se deben realizar estudios periódicos que midan la concentración del mercurio en el aire y verificar que esta sea menor a 50 mg/cm<sup>3</sup>, valor máximo permisible indicado por la NIOSH. Además, deben realizarse análisis periódicos que determinen los niveles de mercurio presentes en muestras de orina y de sangre del personal odontológico, evaluando que los valores sean menores a 35 mg/g de creatinina en muestras de orina y de 15 µg/L de sangre”.

El mercurio genera afecciones nerviosas, comportamentales, renales, inmunes y sexuales, entre otras. El personal que labora en la práctica odontológica, se encuentra expuesto crónicamente a vapores de mercurio las cuales tienen que realizarse periódicamente exámenes exhaustivos para medir su grado de toxicidad en sangre y orina. Los niveles de mercurio en las muestras de orina del personal analizado resultaron por debajo del nivel umbral reseñado por la Organización Mundial de la Salud en 50 µg/L (ppb) de Hg. En muestras de sangre, el 21% de la población evaluada presentó niveles superiores al valor umbral de 15 µg/L (ppb) de Hg. Se encontraron

diferencias significativas en el contenido de mercurio de sangre y orina entre los grupos laborales.<sup>11</sup>

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 GENERALIDADES DEL MERCURIO**

El mercurio es un metal líquido blanco plateado (cromado), de evaporación lenta, cuyos vapores puede acumularse en la atmosfera aproximadamente por un período de tiempo de un año (Rutowski et al., 2006; Goldwater, 1972). Este vapor, es invisible e inoloro requiriéndose de un equipo especial para su detección. El símbolo del mercurio es “Hg” que proviene de la palabra griega hydrargyros, que significa “agua plateada”. Desde la antigüedad ha sido utilizado por casi todas las culturas. Atribuyéndole poderes mágicos (Garetano et al., 2006; Goldwater, 1972).

Se creía que podía prevenir enfermedades tales como reumatismo, disentería y cólicos. Aristóteles recomendaba este elemento diluido con saliva para tratar ciertas enfermedades de la piel (Gaona, 2004).<sup>12</sup>

Su empleo medicinal probablemente inició en China e India hace aproximadamente 2.000 años; el cual, era empleado en tratamiento para la

---

<sup>11</sup> Kennedy CJ. 2003. Uptake and accumulation of mercury from dental amalgam in the common goldfish, *Carassius auratus*. *Environ. Pollut.* 189-190.

<sup>12</sup> Garetana G, Gochfeld M, Stern A. 2006. Comparison of Indoor Mercury Vapor in Common Areas of Residential Buildings with Outdoor Levels in a Community Where Mercury Is Used for Cultural Purpose. *Environmental Health Perspectives*. P.12

sífilis y enfermedades de la piel (Clifton, 2007). Además en India se creía que tenía poderes afrodisiacos (Gaona, 2004).<sup>13</sup>

En la Edad Media, comienzan a identificarse los efectos adversos del uso de mercurio. Las primeras descripciones de su toxicidad en el riesgo laboral fueron descritos por Ellenberg en 1473 (Ramírez, 2008). Paracelsus fue el primer hombre que intentó explicar los efectos adversos del mercurio en el ser humano. Para el año 1557, el francés Jean Fernel fue el primero en describir los síntomas y signos del envenenamiento con mercurio. Fue la primera sustancia en ser objeto de legislación para controlar las enfermedades que causaba (Goldwater, 1972).

**Tabla 1. Características físico-químicas del mercurio**

Nombre químico	Mercurio
sinónimos	Azogue
Número CAS	7439-97-6
Fórmula	Hg
Aspecto y color	Líquido argénteo, pesado e inodoro
Olor	No hay información disponible
Presión de vapor	0.26 Pa a 20°C
Densidad relativa (agua =1)	13.5
Densidad relativa de vapor (aire=1)	6.93
Punto de ebullición	357°C
Punto de fusión	-39°C
Peso molecular	200/mol

<sup>13</sup> Gaona, 2004. El mercurio como contaminante global. Universidad Autónoma de Barcelona. P.8

El mercurio es un metal líquido a temperatura ambiente (20°C) con una presión de vapor de 0.00212 mm de Hg, lo cual lo hace volátil y fácilmente dispersable en la atmósfera. El metal es altamente denso (Tabla 1) y es poco soluble en agua, trayendo como consecuencia su acumulación en los sedimentos de los cuerpos de agua (Olivero 2002).

De acuerdo con las diferentes formas del mercurio puede clasificarse como: Mercurio Metálico o Elemental (Hg): Utilizado en la extracción de oro y plata, en amalgamas dentales y en instrumentos de medición de temperatura y presión arterial, además en la industria. Mercurio Orgánico: empleado como fungicida y antiséptico, el más importante es el metilmercurio (H<sub>3</sub>C-Hg<sup>+</sup>) y el dimetilmercurio (H<sub>3</sub>C) <sub>2</sub>Hg<sup>++</sup>) los cuales tienen efecto acumulativo en la cadena trófica. Mercurio Inorgánico o Sales de Mercurio (Hg<sup>+</sup> o Hg<sup>2+</sup>): Usado como antiséptico, cremas para aclarar la piel, antibacterianos, diuréticos y purgantes (Clifton, 2007). <sup>14</sup>

### **2.2.2 TOXICOCINÉTICA DEL MERCURIO**

De acuerdo con sus propiedades químicas y las diferentes formas de interacciones biológicas, el mercurio, tiene una toxicocinética específica: el mercurio elemental es soluble en lípido, altamente difusible a través de las

---

<sup>14</sup> Goldwater Leonard J. 1972 "Mercurio, una historia de Quicksilver" P.4

biomembranas y bio-oxidado intracelularmente a Hg inorgánico, el cual, es soluble en agua y menos difusible a través de las biomembranas; el mercurio orgánico es soluble en lípidos y rápidamente degradable en el organismo (Español, 2001).

El mercurio ingresa al organismo por tres vías: respiratoria, digestiva y cutánea; siendo la vía inhalatoria la más importante para el mercurio elemental alcanzado niveles en sangre del 80% del volumen inhalado (Ramírez, 2008). Los vapores de mercurio elemental son depositados en el tracto respiratorio, dada su alta presión de vapor penetrando al árbol bronquial. Al ser oxidado en los eritrocitos a iones de mercurio se distribuye a cerebro, riñón e hígado en mínimas cantidades. Su excreción es predominantemente renal (Boening, 2000).<sup>15</sup>

### **2.2.3 TOXICODINAMIA DEL MERCURIO**

El mercurio puede unirse a través de enlaces covalentes al sulfuro de los grupos sulfhídricos; reemplaza el ion hidrógeno ubicado en estos grupos, lo que da como resultado disfunción de los complejos enzimáticos, de los mecanismos de transporte y de las membranas y alteración del funcionamiento de las proteínas estructurales. El mercurio reacciona con grupos fosforilados, carboxilados y aminados (Gutiérrez, 2008). Los iones de

---

<sup>15</sup> Boening, D.W., 2000. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*. P.1335-1351.

mercurio son precipitantes de proteínas, causan necrosis severa por contacto directo con los tejidos, a nivel de boca, esófago, piel, conjuntivas, córnea, tracto gastrointestinal y su ruta de excreción es renal. A nivel celular los iones de mercurio, ligados a grupos sulfidrilos (SH), ingresan en la célula lentamente, inhibiendo la captación de glucosa, luego entran de forma rápida e inhibe la respiración celular progresivamente, hasta romper la membrana celular (Mutter et al., 2005).<sup>16</sup>

#### **2.2.4 CICLO DEL MERCURIO**

El mercurio es emitido a la atmósfera a partir de las fuentes naturales y antropogénicas en forma de vapor elemental (Hg<sup>0</sup>). Una vez en la atmósfera el 95% del metal es distribuido globalmente en forma de vapor de mercurio (Hg<sup>0</sup>), compuestos inorgánicos (cloruros y óxidos) así como órgano mercuriales. El mercurio atmosférico regresa a la tierra por deposición atmosférica en forma de lluvia, incorporándose en aguas oceánicas en forma del ion [HgCl<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>. En las fuentes de agua continentales, sin embargo, donde hay poco cloruro el mercurio existe como Hg(OH)<sub>2</sub>. Olivero, 2002) (Figura 1).

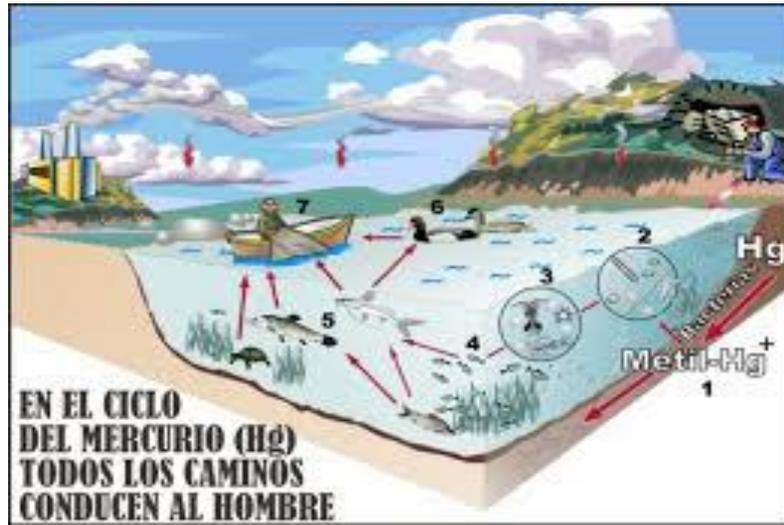
17

---

<sup>16</sup> Mutter J, Naumann J, Schneider R, Walach H . 2007. Mercury and Alzheimer's disease. *Fortschr. Neurol. Psychiatr.* 528-538.

<sup>17</sup> Olivero, J. 2002. Programa de Desarrollo Sostenible de la región de la Mojana. Informe Técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. P. 76.

**Figura N° 1: Ciclo del mercurio**



1. Residuos de Hg
2. Metilmercurio
3. Fitoplancton
4. Zooplancton
5. Peces pequeños
6. Peces grandes
7. Aves
8. Hombre

### **2.2.5 MERCURIO Y ODONTOLOGÍA**

Dentro del ejercicio de la profesión odontológica, está el área de la operatoria dental, que se encarga de recuperar la anatomía perdida de los dientes por los procesos de caries dentales, la cual se manifiesta como la degradación de los tejidos duros de los dientes. Estas lesiones son el resultado de la disolución mineral de sus tejidos duros por los productos

finales del metabolismo ácido de las bacterias *Streptococo mutans*, *Actinomices viscosus* y *Lactobacilus sp.*, capaces de fermentar carbohidratos, en especial el azúcar, formando lesiones irreversibles (cavidades micro-macroscópicas) que necesitan restaurarse y así devolver la funcionalidad y morfología de las piezas dentarias como son: mantener la dimensión vertical, fonación, triturado de los alimentos (masticación) y estética. Son diversas las técnicas y materiales empleados para este fin, entre los cuales encontramos las amalgamas dentales que aún se siguen utilizando por su bajo costo y fácil manipulación (Houeto et al., 1994)<sup>18</sup>.

Las amalgamas dentales siguen siendo el material de relleno dental de uso más común (Anusavice et al., 2004), Su composición (varía de acuerdo a la casa comercial), está dada por la mezcla de mercurio líquido (50%) y aleación de otros metales sólidos (en polvo o partículas diminutas), los cuales son: 25% plata, 15% estaño, 7% cobre, 4% zinc. (Anusavice et al., 2004); sin embargo la profesión odontológica ha sido cuestionada por el uso continuado de mercurio en las amalgamas dentales, tanto para la salud pública y medio ambiente (Kao et al., 2004). Algunas de las partículas de amalgama dental forman sedimentos en los tubos de desagües (M al-Shraideh et al., 2002)

---

<sup>18</sup> Houeto P, Sandouk P, Baud FJ, Levillain P. 1994. Elemental mercury vapour toxicity: treatment and levels in plasma and urine. *Hum. Exp. Toxicol.* 848-852.

**Figura Nº 2: Colocación de una amalgama dental**



La amalgama dental sufre diversas fases en su preparación:

- a) Triturado u homogenización de los elementos que la integran.
- b) Condensación, es el paso cuando es llevada a la cavidad oral para ser depositada en el diente a restaurar.
- c) Tallado, bruñido y pulido, es la fase en la que se eliminan los excedentes, se le da forma, se pule y deja brillante.

Este último procedimiento se genera calor, ya que, la turbina de la pieza de mano odontológica emplea una velocidad 40.000 revoluciones por minuto siendo una de las principales fuentes de exposición de mercurio elemental en el hombre (Petrucci et al., 2008). También se ha descrito el mercurio como factor predisponente para la aparición de Alzheimer (Cummings, 2004; Mutter et al., 2007).<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Cummings, J.L. 2004. Alzheimer's disease. *N Engl J Med.* 56-67.

Cuatro estados de los Estados Unidos de Norteamérica y Noruega prohíben el uso del mercurio en las restauraciones dentales, y tomaron la iniciativa de dar folletos informativos antes de iniciar el tratamiento desde el 2008; concluyeron que debería tomarse un consentimiento informado para la colocación de amalgamas en pacientes con necesidad de tratamiento de obturaciones dentales, e informarles que éstas contienen mercurio.

Cualquier tipo de amalgama de plata cuya base sea el mercurio, produce vapores de mercurio. Los vapores de mercurio elemental se depositan en el tracto respiratorio, dada su alta presión y su solubilidad en agua; los más solubles se disuelven en membranas mucosas, los menos solubles penetran al árbol bronquial. Al ser oxidado en los eritrocitos a iones de mercurio se distribuye al cerebro, riñón e hígado en mínimas cantidades. Su excreción es predominantemente renal (Morales et al., 2003). De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estado Unidos (EPA, USA), los niveles límites de exposición para la concentración de vapores de mercurio Ambiental es de 300 ng/m<sup>3</sup>.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Morales Fuentes, I. and R. Reyes Gil. 2003. Mercury and health in the dental practice. *Rev. Saude Pública.* 266-272.

## 2.2.6 RUTAS DE EXPOSICIÓN AL MERCURIO EN ODONTÓLOGOS Y ASISTENTES DENTALES

El mercurio puede afectar el cuerpo si es inhalado, si tiene contacto con los ojos o piel. Por lo tanto, la inhalación de vapores de mercurio debido a derrames accidentales durante la práctica odontológica, la liberación del mercurio durante el trabajo dental y el respirar aire contaminado en el lugar de trabajo o el contacto con la piel son razones que indican que la práctica odontológica está expuesta a riesgo ocupacional de intoxicación con mercurio. Desde el punto de vista odontológico, se puede decir que el mercurio llega al cuerpo por cinco vías:(1) desde la cavidad bucal y nasal llegan vapores de mercurio a la circulación sanguínea y a través de los nervios directamente al cerebro; (2) los vapores de mercurio al ser inhalados penetran a los pulmones por las vías respiratorias, de allí pasa por el torrente sanguíneo, donde se transforma una parte del vapor de mercurio oxidándose y formando iones de mercurio ( $Hg_0 \rightarrow Hg^{+2}$ ). De esta forma es almacenado en órganos como el hígado y el riñón; (3) durante la faena, el odontólogo al remover las amalgamas de restauraciones viejas, debido al *fresado* a altas velocidades, genera vapor de mercurio el cual puede penetrar al sistema respiratorio; (4) al realizar las preparaciones de amalgamas pueden derramarse pequeñas cantidades de mercurio en la piel o permanecer en el ambiente, del cual se evapora contaminando el área de trabajo; (5) se han realizado múltiples investigaciones que afirman que el consumo de pescado

y el número de amalgamas presentes en la boca están correlacionados con la presencia de mercurio en el cuerpo.

Estudios realizados por Akesson et al; revelaron que existe una fuerte correlación entre los valores de mercurio en plasma, sangre total y orina y el número de amalgamas presentes en la cavidad bucal de 244 personas que trabajaban en una unidad odontológica. Además, comprobaron que las restauraciones realizadas con oro no presentaban un efecto detectable sobre el status de mercurio, mientras que las ceratometálicas aumentaban los niveles de mercurio, debido a que contienen más elementos metálicos activos.<sup>21</sup>

### **2.2.7 RIESGO OCUPACIONAL EN ODONTÓLOGOS Y ASISTENTES DENTALES**

La exposición ocupacional del personal odontológico al mercurio también ha sido bien documentada. Recientemente se han reseñado varios casos de envenenamiento por mercurio y embrio toxicidad entre el personal dental. En efecto, se ha encontrado que la exposición a mercurio inorgánico aumenta los niveles de este metal en el plasma sanguíneo y en la orina. Los dentistas y sus asistentes dentales están bajo riesgo, debido al uso del mercurio en la preparación de la amalgama ya que están expuestos crónicamente al vapor

---

<sup>21</sup> Cliftan J. 2007. Exposición al mercurio salud pública. Elsevier Saunders. P. 237-264.

de mercurio. Las investigaciones de Akesson et. al, han puesto en evidencia niveles significativamente mayores de mercurio en orina de enfermeras y en el personal dental en comparación con un grupo control. Estos valores estaban asociados con el número de pacientes que son tratados para la restauración o colocación de amalgamas; sus propias amalgamas y el sexo. Los autores encontraron que las mujeres tenían niveles mayores de mercurio en la orina que los hombres, lo cual se asocia con metabolismos de mercurio diferentes.

Para formular la amalgama dental, los asistentes dentales agregan unas gotas de mercurio sobre una pieza de papel de filtro (lienzo), esto es añadido al polvo que contiene el resto de la amalgama. Posteriormente, es llevado al odontólogo quien mezcla la amalgama y libera el exceso de mercurio. Existe otra técnica en la que se utilizan amalgamas encapsuladas; en estas cápsulas el mercurio y el polvo están separados por una partición, la cual es rota al agitar la cápsula vigorosamente, esta técnica disminuye el riesgo ocupacional de los dentistas y de sus asistentes.

Al taladrar las amalgamas viejas utilizando solamente el extractor de saliva, el nivel de vapor de mercurio se puede elevar de 2 a 15 veces del máximo permitido. El nivel de mercurio almacenado en el cuerpo aumenta con el tiempo por lo cual los dentistas que tienen mayor tiempo de desempeño, son

más susceptibles a presentar problemas neurológicos, de comportamiento y pérdida de memoria, entre otros.

En Singapore se ha reseñado que 96 dentistas examinados, expuestos a 16,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Hgo en el aire, presentaban deficiencias en la memoria lógica y en la vista.<sup>10</sup> Los asistentes dentales por lo general presentan un mayor nivel de mercurio excretado por la orina que los dentistas. Los asistentes dentales y dentistas, quienes trabajan con amalgamas presentan reducción de la fertilidad y bajas posibilidades de concepción y sus hijos tienen un bajo coeficiente intelectual comparado con la población general. Cabe destacar que los síntomas del hidrargirismo afectan enormemente el desarrollo profesional de los odontólogos y de los asistentes dentales, ya que ellos requieren de mucha destreza manual, coordinación y precisión al realizar la manipulación de sus herramientas de trabajo. No solamente los odontólogos y los asistentes dentales están expuestos a la contaminación de mercurio, se ha reseñado en varios estudios que en sus hogares se presentan altos niveles de mercurio, el cual es llevado por éstos en sus ropas y zapatos después de la jornada de trabajo.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Gaona. 2004. El mercurio como contaminante global. Universidad Autónoma de Barcelona. P. 12

## **2.2.8 MEDIDAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE INTOXICACIÓN POR MERCURIO**

En países pobres, el uso de amalgamas resulta conveniente debido a su bajo costo y alta resistencia. Además, otras técnicas para reparaciones dentales también pueden presentar riesgos para el paciente, como es el caso de las resinas de polímeros que ocasionan reacciones alérgicas. De igual modo, otras alternativas, como las resinas de cerámicas, han sido descritas como de baja resistencia. Los riesgos ocupacionales generados por el mercurio en la preparación de amalgamas se pueden minimizar siguiendo las normas adecuadas y ejecutando un sistema de gestión que permita reducir la concentración de mercurio en el área de trabajo; minimizar el contacto entre el mercurio metal y el asistente dental y/u odontólogo; además de ubicar adecuadamente los desechos mercuriales.

Se ha demostrado que las buenas prácticas en el trabajo odontológico reducen los niveles de mercurio en la orina relacionados con afecciones del comportamiento. En efecto, se han encontrado niveles bajos de mercurio en plasma, sangre y orina de odontólogos que trabajan con rutinas modernas de manipulación de mercurio, como por ejemplo el uso de succión y enfriamiento durante el trabajo con amalgamas, teniendo especial cuidado con los residuos de amalgamas liberados.

Los consultorios dentales deben ser bien ventilados, además los dentistas y asistentes dentales deben utilizar guantes y mascarillas apropiadas. Se

puede disminuir la absorción de mercurio tomando una ducha con lavado de cabello y cambio de ropa al final de cada jornada. El nivel máximo permisible de mercurio recomendado por el Instituto Nacional de Salud Ocupacional de los Estados Unidos, es de 0,05 g de vapor de mercurio por metro cúbico de aire (50 mg/cm<sup>3</sup>) para un personal expuesto 8 horas al día, 5 días a la semana. El consumo de tabletas de selenio puede aumentar la excreción de mercurio por la orina. La protección del selenio contra el mercurio inorgánico es debida principalmente a que los iones de mercurio y el selenio forman complejos menos tóxicos debido a mecanismos estequiométricos. Por otra parte, los tratamientos de la intoxicación clásica por mercurio están ampliamente reseñados en la bibliografía. En caso de derrames accidentales, el mercurio deberá ser recogido con jeringas y colocados dentro de recipientes con agua; para evitar que algún remanente permanezca en la superficie, ésta debe limpiarse con azufre en polvo, luego barrer y disponer el resto de acuerdo con las normas establecidas por cada país. No se deben utilizar alfombras ni tapetes en el área de tratamiento, ya que se ha demostrado que la fricción por el tránsito en la oficina dental sobre las partículas de amalgama o de pequeños derrames de mercurio aumentan los niveles de vapor de mercurio en el consultorio.<sup>19</sup> Se ha propuesto el uso de prácticas alternativas para sustituir el uso de la amalgama. Los colados de oro son excelentes sustitutos pero resultan muy costosos, además de que se necesita de muchas habilidades manuales y técnicas para colocar estas restauraciones.

La porcelana fundida sobre metales nobles es también un buen sustituto, sin embargo, para restauraciones muy profundas puede ser muy costosa; además, la porcelana fundida sobre aleaciones que contienen níquel ha sido criticada ya que este produce cáncer en los tejidos nasales y en los pulmones. La National Institute Occupational Security Health, ha generado las siguientes normas para disminuir el riesgo de exposición al mercurio:

- Almacenar los reactivos en contenedores sellados.
- Lavarse las manos antes de comer, fumar o beber.
- Evitar el contacto de los reactivos con la piel.
- El trabajador debe conocer el riesgo potencial de los reactivos en su lugar de trabajo.
- Participar activamente en cursos, entrenamientos dados por el patrón acerca de seguridad e higiene en el trabajo.
- Prevenir la contaminación en el hogar: cambiarse la ropa contaminada y lavarse con agua y jabón antes de llegar a la casa; guardar la ropa de calle alejada del sitio de trabajo; lavar la ropa de trabajo aparte de la ropa de casa: evitar llevar ropa u objetos contaminados a la casa.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Ruiz C, Jairo et al. 2005. Manejo de la amalgama dental en consultorios odontológicos pequeños y medianos de Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* .P. 59-69.

## **2.2.9 MÉTODO ANALÍTICO PARA EVALUACION DE MERCURIO EN AIRE**

La técnica instrumental de absorción atómica es una herramienta de la química analítica de gran sensibilidad y selectividad, que determina una gran variedad de analitos en una sola medida y sin interferencia, ha sido utilizada investigada y estudiada en laboratorios.(Stone et al, 2007)

Para análisis de mercurio en aire son empleadas varias herramientas, una de las más comunes involucra el uso de Lumex RA-915+, el cual es un equipo portátil, multifuncional, analizador de mercurio que emplea el efecto de la absorción de radiación de resonancia de los átomos de mercurio de manera continua. (Figura 5). El RA-915+ ofrece una capacidad única de llevar a cabo directa y rápida, las mediciones precisas de la concentración de mercurio en diversos medios.

(Disponible en internet;<http://spanish.alibaba.com/product-free/mercury-analyzer-39601693.html>).

**Figura N° 3: Zeeman analizador de mercurio RA-915+**



**Ventajas del equipo:**

- Ultra límite de detección bajo.
- Alta selectividad de análisis.
- La determinación de mercurio directa continúa (sin concentración de mercurio preliminar sobre un sorbente).
- Capacidad de operación en el campo utilizando una batería integrada.
- Antecedentes control de aire atmosférico.
- El análisis directo de complejas mezclas de gases.
- Mediciones en línea.
- Amplio rango dinámico de las mediciones directas.
- Efectos del mercurio en el ambiente <sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Ruiz JA, Gómez GJ, Durán CJ, Villa VM, Zapata LA, Parra CM, et al. 2008. Contribución de las condiciones locativas y ambientales al riesgo de contaminación con mercurio en las entidades odontológicas de Antioquia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública. P.89-91.*

## CAPITULO III

### DISEÑO METODOLOÓGICO

#### 3.1 TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación es descriptivo de corte transversal, para la determinación de los vapores de mercurio ambiental, escupidera y mesón de trabajo en los consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Huánuco, a través de la técnica instrumental de espectrofotometría de absorción atómica, con un equipo analizador de mercurio referencia RA-915+, de la casa Lumex, el cual cumple con métodos EPA 1631, 7470 y 7471, para la determinación de mercurio en el ambiente. El período empleado para la recolección de las muestras será de tres meses, comprendido entre Octubre y Noviembre del 2013.

Por otra parte, fueron verificados los protocolos de los parámetros y alistamiento del equipo antes de realizar las mediciones. El valor de desviación del TEST CELL fue entre %R=0 y %R=10. Lo cual indicó que el equipo trabajó en condiciones normales ya que este valor debe ser  $\leq 10$ . Luego se realizó un total de 12 mediciones en cada clínica y consultorio dental distribuidas de la siguiente manera: 4 mediciones en el aire del ambiente, 4 mediciones en la escupidera y 4 mediciones en el mesón de trabajo, las cuales, se promediaron y se le calculó la desviación estándar. Las mediciones se realizaron en el *on stream*, el cual es usado para medir la concentración de vapor de mercurio en el ambiente.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estado Unidos (EPA, USA) en el presente reporta como valor máximo permitido para la concentración de vapores de mercurio en aire ambiental 300 ng/m<sup>3</sup>.

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En la presente investigación se tuvo en cuenta la base de datos de la Dirección de Salud (DIRESA) de Huánuco en la cual aparece registrados 32 consultorios y clínicas odontológicas, de los cuales se escogió una muestra de 9 entre consultorio y clínicas, que estarán dispuestos a colaborar en el desarrollo de la presente investigación.

La muestra se calculó con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nzpq}{e^2N + z^2 pq}$$

Donde:

**n**= 9 (la muestra tomada)

**N**= 32 (población de consultorios entregada por la DIRESA)

**Z**= 1.96 (para una confiabilidad del 95%)

**e**= 0.099 (error muestral)

**p**= 0.3 (proporción esperada de consultorios sin contaminación ambiental con vapores de Hg; proveniente de una muestra piloto).

**q**= 0.7 (proporción esperada de consultorios con contaminación ambiental con vapores de Hg); proveniente de una muestra piloto).

### **3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

#### **3.3.1. Criterios de inclusión:**

Consultorio y/o clínicas odontológicas que se encuentran registradas en la base de datos de entidades habilitadas, como lo es la Dirección de Salud de Huánuco (DIRESA), quienes acepten voluntariamente la medición de valores de mercurio en el ambiente, escupidera y mesón de trabajo.

#### **3.3.2. Criterios de exclusión:**

Serán excluidos los consultorios y/o clínicas odontológicas que no se encuentren registrados en el sistema de habilitación de la Dirección de Salud de Huánuco (DIRESA).

### **3.4 FUENTE TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS.**

#### **a. Técnicas de Recolección de Datos**

a) Lista de Cotejo. Donde se registraron los datos de los niveles de Mercurio de los consultorios Odontológicos tomados en la muestra.

#### **b. Técnica de Procesamiento de Datos**

a) Selección de Variables.

Terminado el trabajo de campo se ha seleccionado la variable, de acuerdo a la formulación del problema y a la hipótesis planteada.

b) Utilización de Procesador Sistematizado.

La información clasificada y almacenada en la Matriz de Datos, se ha trasladado a un procesador de sistema computarizado que ha permitido realizar las técnicas estadísticas apropiadas, teniendo en cuenta el diseño formulado para la contratación de la hipótesis. En nuestro caso se ha trabajado en el programa Microsoft Word y Excel XP.

### **3.5 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

#### **a. ANALISIS DESCRIPTIVO.**

Los datos serán procesados a partir de la codificación de acuerdo a la variable planteada. Luego se pasará a su representación en tablas numéricas y porcentuales.

En cuanto al análisis descriptivo de la variable se tuvo en cuenta las medidas de posición y de dispersión y sobre todo el método porcentual.

#### **b. ANALISIS INFERENCIAL.**

En cuanto al análisis inferencial, se hará la prueba de hipótesis a través del paquete estadístico SPSS versión 21.

**CAPITULO IV**  
**ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

**4.1 RECURSOS HUMANOS**

**Tesista:** Mg. Marco Antonio Olivares García

**Asesora:** Dra. María del Carmen Villavicencio Guardia

**4.2 RECURSOS MATERIALES Y FINANCIEROS**

<b>PARTIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>MATERIALES DE ESCRITORIO</b>					
30	2	Unidad	Zeeman analizador de mercurio RA-915+	600.00	1200.00
30	6	Unidad	CD	1.50	9
30	3	Unidad	Papel Bond	25.00	75
30	3	Unidad	Fólder	0.60	1.8
30	5	Unidad	Bolígrafo	1.50	7.5
30	20	Unidad	Lápices	0.50	10
30	1	Unidad	Tajador	0.50	0.5
30	2	Unidad	Borrador	0.50	1
30	1	Unidad	Anillado	2.00	2
30	2	Unidad	Libreta de apuntes	2.00	4
30	2	Unidad	Corrector	2.50	5
30	1	Unidad	USB	50.00	50
30	1	Unidad	Resaltador	3.00	3
<b>VIATICOS</b>					
32	50	Viajes	Movilidad o transporte	31	1550
32	50	Refrigerios	Refrigerio o pensión	2.5	125
<b>IMPRESIÓN</b>					
36	250	Unidad	Copias	0.1	25
36	240	Unidad	Tipeo o impresión de proyecto e informe	1.2	288
36	1	Unidad	Encuadernado	50	50
36		Unidad	Otros gastos	100	200
<b>TOTAL</b>					<b>3606.8</b>

### 4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

AÑO 2014

ACTIVIDADES	MESES					
	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1. Planteamiento del problema	X					
2. Elaboración del marco teórico	X					
3. Formulación de la hipótesis e identificación de variables	X					
4. Diseño metodológico		X				
5. Presentación y aprobación del proyecto		X				
6. Determinación de la muestra en estudio		X				
7. Elaboración de instrumentos		X				
8. Aplicación de instrumentos			X	X	X	
9. Procesamiento de datos						X
10. Elaboración del informe final y sustentación						X

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS**

**5.1.- PRESENTACIÓN DE CUADROS:**

**TABLA N° 2**  
**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN EL AMBIENTE**  
**DE TRABAJO ODONTOLOGICO SIN PACIENTE.**  
**HUANUCO – PERU 2014**

---

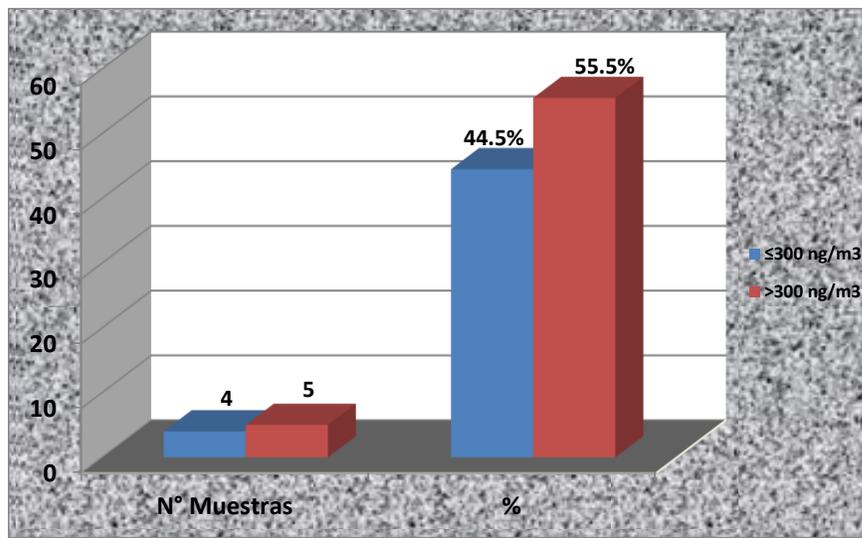
<b>Valores del mercurio (EPA)ng/m<sup>3</sup></b>	<b>N° Muestras</b>	<b>%</b>	<b>Promedio y desviaciones (X ± DE)</b>
<b>≤300 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>4</b>	<b>44.5</b>	<b>135 ±19 ng/m<sup>3</sup></b>
<b>&gt;300 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>5</b>	<b>55.5</b>	<b>2.206 ± 175 ng/m<sup>3</sup></b>
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>1.206 ± 142 ng/m<sup>3</sup></b>

**Fuente:** Mediciones realizadas por el autor de la investigación

**X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar**

## GRAFICO N° 1

### PROPORCION DE LA DETERMINACION Y LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN EL AMBIENTE DE TRABAJO ODONTOLOGICO SIN PACIENTE. HUANUCO – PERU 2014.



Fuente: Mediciones realizadas por el autor de la investigación  
X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar

#### Interpretación:

Las muestras se realizaron en 12 consultorios, 9 de ellos se encontraban sin paciente en el momento del muestreo. Al analizar el aire ambiental se observó que 4 consultorios (44.5%) presentaron niveles de Hg por debajo de 300 ng/m<sup>3</sup>, promedio de Hg entre  $135 \pm 19$  ng/m<sup>3</sup> y se encontró vapores de mercurio por encima de los 300 ng/m<sup>3</sup> en 5 consultorios (55.5%) que presentaron concentraciones de vapores de Hg por encima de 300 ng/m<sup>3</sup>, con un promedio estadístico de  $2.206 \pm 175$  ng/m<sup>3</sup>. Este promedio de 2.206 ng/m<sup>3</sup> es sumamente elevado con respecto a lo establecido por la EPA, lo cual, probablemente está afectando la salud de odontólogos, auxiliares y pacientes.

**TABLA N° 3**

**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN LA  
ESCUPIERA SIN PACIENTE DE CONSULTORIOS Y CLINICAS  
ODONTOLOGICAS.  
HUANUCO – PERU 2014**

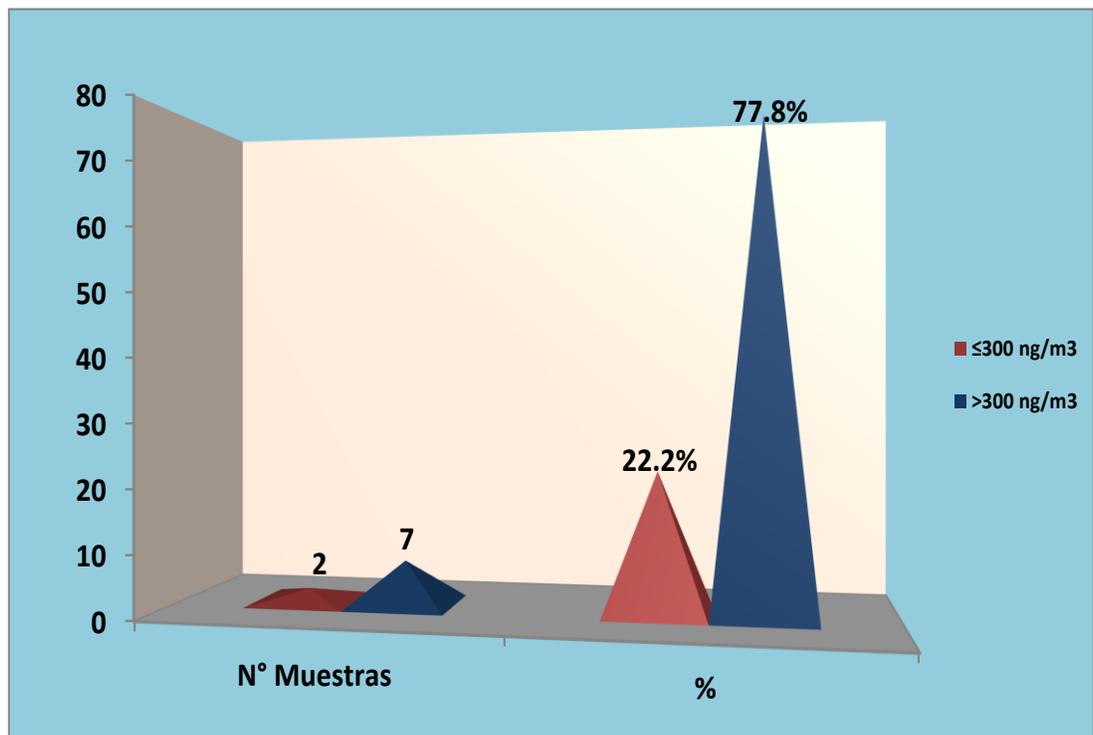
<b>Valores del mercurio (EPA)ng/m<sup>3</sup></b>	<b>N° Muestras</b>	<b>%</b>	<b>Promedio y desviaciones (X ± DE)</b>
<b>≤300 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>2</b>	<b>22.2</b>	<b>154 ±16 ng/m<sup>3</sup></b>
<b>&gt;300 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>7</b>	<b>77.8</b>	<b>4.435 ± 989 ng/m<sup>3</sup></b>
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>2.538 ± 879 ng/m<sup>3</sup></b>

**Fuente:** Mediciones realizadas por el autor de la investigación

**X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar**

GRAFICO N° 2

PROPORCION DE LA DETERMINACION Y LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN LA ESCUPIDERA SIN PACIENTE DE CONSULTORIOS Y CLINICAS ODONTOLÓGICAS. HUANUCO – PERU 2014



Fuente: Mediciones realizadas por el autor de la investigación

X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar

**Interpretación:**

En relación con las muestras tomadas de vapores de Hg en la escupidera de los consultorio sin paciente, se encontró que de los 9 consultorios muestreados, 2 de ellos (22%) presentaron niveles de Hg por debajo de 300 ng/m<sup>3</sup>, correspondiéndole un promedio de 154±16ng/m<sup>3</sup>, se encontró valores de vapores de Hg por encima de 300 ng/m<sup>3</sup> en 7 consultorios (78%); correspondiéndole un promedio estadístico de 4.435±989ng/m<sup>3</sup>.

Este promedio significativamente alto de contaminación con vapores de mercurio se constituye en un probable factor de riesgo toxicológico que compromete la salud de las personas que están en estos consultorios odontológicos.

**TABLA N° 4**

**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN EL MESON DE TRABAJO SIN PACIENTE DE CONSULTORIOS Y CLINICAS ODONTOLOGICAS.  
HUANUCO – PERU 2014.**

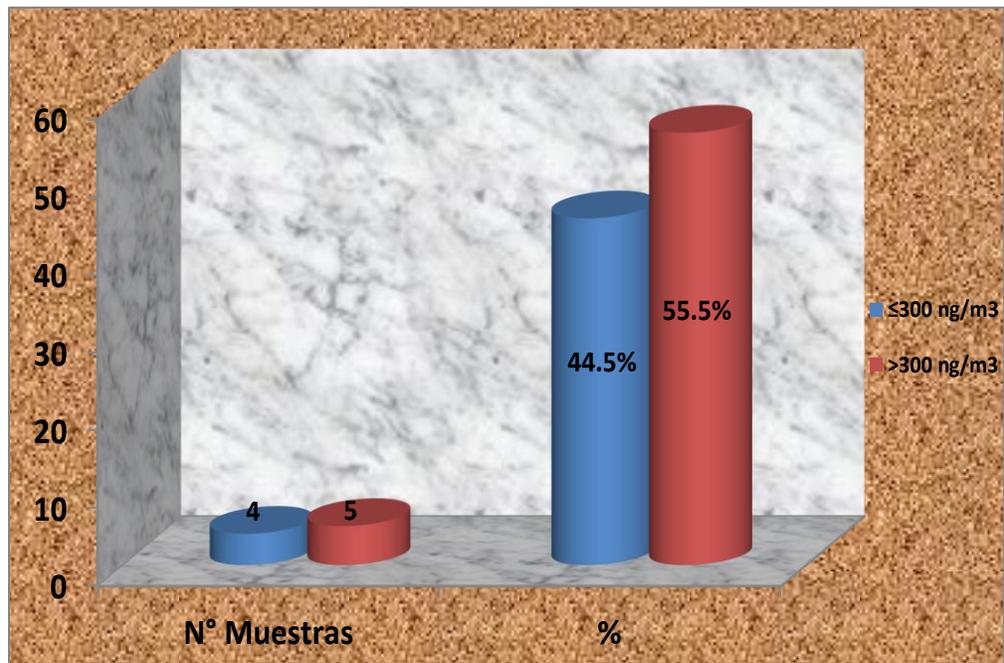
<b>Valores del mercurio (EPA)ng/m<sup>3</sup></b>	<b>N° Muestras</b>	<b>%</b>	<b>Promedio y desviaciones (X ± DE)</b>
<b>≤300 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>4</b>	<b>44.45</b>	<b>138 ± 74 ng/m<sup>3</sup></b>
<b>&gt;300 ng/m<sup>3</sup></b>	<b>5</b>	<b>55.55</b>	<b>2.116 ± 1,551ng/m<sup>3</sup></b>
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	

**Fuente:** Mediciones realizadas por el autor de la investigación

**X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar**

### GRAFICO N° 3

#### PROPORCION DE LA DETERMINACION Y LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN EL MESON DE TRABAJO SIN PACIENTE DE CONSULTORIOS Y CLINICAS ODONTOLÓGICAS. HUANUCO – PERU 2014



Fuente: Mediciones realizadas por el autor de la investigación

X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar

**Interpretación:**

En las muestras de mercurio que se recolectaron en los mesones de trabajo (donde se coloca el instrumental), de 9 consultorios sin la presencia de paciente; se encontró que 4 consultorios (44%) presentaron niveles de Hg menores de  $300\text{ng/m}^3$  y un promedio aritmético de contaminación de  $138.5 \pm 74\text{ng/m}^3$ . En relación con los consultorios que superaron los  $300\text{ ng/m}^3$  se encontró que 5 de ellos (56%) están por encima de este parámetro;  $2.116 \pm 1.551\text{ng/m}^3$ . En el resultado de esta muestra es importante resaltar que aun sin pacientes, en el mesón de trabajo persiste la contaminación toxica por residuos del mercurio de las amalgamas dentales.

**TABLA N° 5**

**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN EL MESON DE  
TRABAJO CON PACIENTE DE CONSULTORIOS Y CLINICAS  
ODONTOLOGICAS.  
HUANUCO – PERU 2014**

---

<b>Valores del mercurio (EPA)ng/m3</b>	<b>N° Muestras</b>	<b>%</b>	<b>Promedio y desviaciones (X ± DE)</b>
<b>≤300 ng/m3</b>	<b>0</b>		
<b>&gt;300 ng/m3</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>11.394 ± 13,9 ng/m3</b>

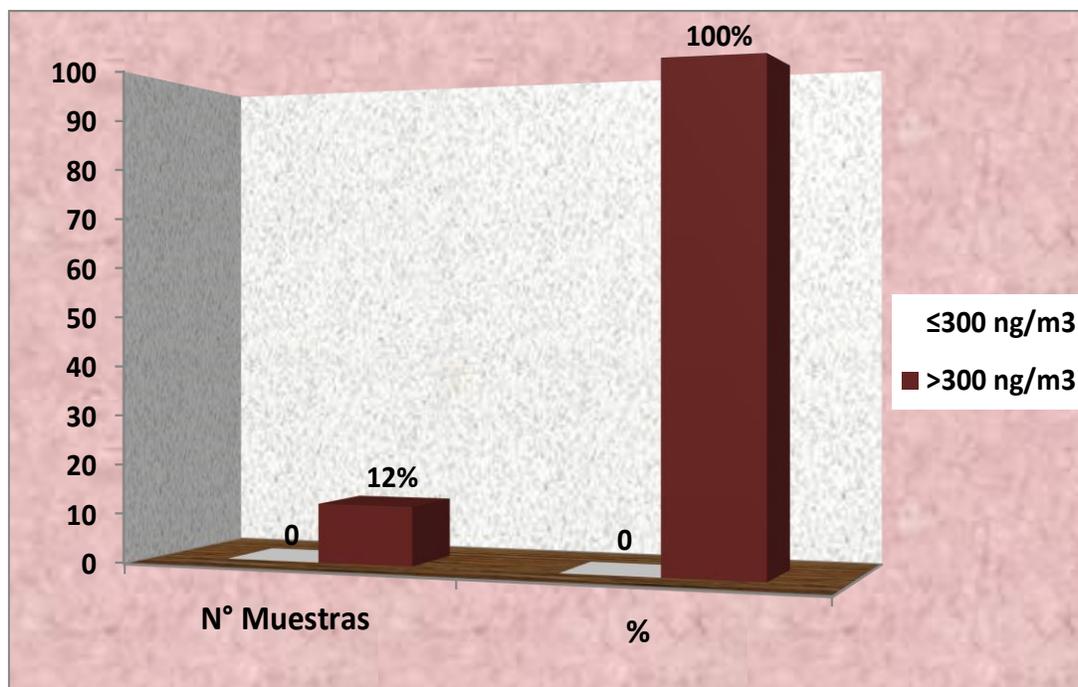
---

**Fuente:** Mediciones realizadas por el autor de la investigación

**X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar**

GRAFICO N° 4

PROPORCION DE LA DETERMINACION Y LA CONCENTRACION DE MERCURIO EN EL MESON DE TRABAJO CON PACIENTE DE CONSULTORIOS Y CLINICAS ODONTOLOGICAS. HUANUCO – PERU 2014



Fuente: Mediciones realizadas por el autor de la investigación

X=Promedio de desviaciones-DE=desviación estándar

**Interpretación:**

De los 12 consultorios con pacientes que se muestrearon en el mesón de trabajo se encontró que el 100% superó el valor máximo estándar de la EPA con un promedio  $11.394 \pm 13.9$  ng/m<sup>3</sup> este hallazgo es alarmante, ya que, la principal vía de entrada al organismo del mercurio es por vía respiratoria.

## CAPITULO VI

### DISCUSIÓN

En cuanto a los niveles de vapores de mercurio en el aire ambiental de los consultorios con presencia de paciente se encontró que el 100% de ellos superaban los 300 ng/m<sup>3</sup> permisibles por la EPA con un promedio de 32.837±3.349 ng/m<sup>3</sup>. Igualmente sucede con las escupideras de los consultorios con la presencia de pacientes donde el 100% superó los límites permisible, con un promedio de 21.088±4.850ng/m<sup>3</sup>; lo que indica, que en los procedimientos de la operatoria dental de la colocación o extracción de amalgamas dentales, los niveles de mercurio alcanzan cifras realmente alarmantes desde el punto de vista toxicológico.

En todos los sitios donde se hicieron las determinaciones, sin importar la especialidad, se observó que durante la colocación o extracción de las amalgamas dentales los residuos son expulsado por el paciente bien sea en la escupidera o por el sistema eyector, los cuales, van a tener como destino el alcantarillado que vierte finalmente su contenido a los cuerpos de agua de la ciudad: el impacto ambiental es inminente, aunque sus efectos no se detecten de manera inmediata. <sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Ritchie KA, Burke FJ, Gilmour WH, Macdonald EB, Dale IM, Hamilton RM, McGowan DA, Binnie V, Collington D, Hammersley R. 2004. Mercury vapour levels in dental practices and body mercury levels of dentists and controls. *Br .Dent. J.* 625-632.

De la misma manera fue observada la utilización de amalgamas dentales como material restaurador en consultorios populares, en Instituciones Prestadoras de Servicios (IPS), las cuales, deben ser talladas, bruñidas, pulidas y brilladas generando vapores de mercurio, cuyos residuos son eliminados de la forma descrita anteriormente. Al cuestionar sobre la utilización de malla-trampa para recoger los restos de amalgamas se encontró total desconocimiento sobre el tema, solo en una entidad su directora manifestó que allí se utilizaba para evitar la contaminación ambiental, pero por la falta de presupuesto para su mantenimiento y de vigilancia de la entidades encargadas dejaron de usarlas.

También se observó que todos los consultorios están totalmente cerrados, nunca se abren ventanas solo la puerta de acceso; únicamente el 2% de consultorios visitados tienen extractores de aire, los restantes argumentaron que el aire acondicionado extrae el aire del interior y así se realiza el recambio.

En un consultorio se encontró que los niveles de Hg (ver anexo B consultorio 12) fueron elevados en la escupidera, con un promedio de 1.269 ng/m<sup>3</sup>, pues, ésta no es utilizada frecuentemente por el profesional, los residuos de mercurio de las amalgamas dentales acumulados en la tubería del alcantarillado del establecimiento podrían estar emitiendo vapores, escapándose los mismo por la escupidera, saturando así el ambiente laboral. Se volvió a realizar otra medición en la escupidera, para verificar los niveles de mercurio en la misma y los valores fueron similares a la primera medición. Se le pidió al profesional que vertiera agua en la escupidera y se realizó nuevamente la medición y los valores de Hg. bajaron considerablemente.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y a los estándares de la EPA puede observarse que todos los profesionales en el área de la odontología podrían estar seriamente expuesto a intoxicaciones por vapores de mercurio; de igual manera, la población en general, como es el caso de los pacientes, también se está viendo expuesta a probable intoxicación por los vapores de mercurio en el momento de la colocación y remoción de las amalgamas dentales.<sup>26</sup>

Los resultados del presente estudio se pueden comparar con estudios realizados por expertos como Stone et al., 2007 reportando niveles de mercurio en la remoción o colocación de amalgamas del aire extraído por el sistema de vacío, (eyector), obteniendo unos niveles de 35.425-73.737ng/m<sup>3</sup>.

---

<sup>26</sup> Ritchie KA, Burke FJ, Gilmour WH, Macdonald EB, Dale IM, Hamilton RM, McGowan DA, Binnie V, Collington D, Hammersley R. 2004. Mercury vapour levels in dental practices and body mercury levels of dentists and controls. *Br .Dent. J.* 625-632.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES**

Una vez determinados los niveles de mercurio en el aire de los consultorios y clínicas odontológicas en Huánuco Perú, se encontró que en el 65% está por encima de los estándares permisibles de acuerdo a la EPA.

Se verificó que las condiciones en el 91% de los consultorios y clínicas dentales donde se tomaron las muestras no son las adecuadas, ya que, no tienen sistema de extracción de aire en el interior, además, son totalmente cerrados y la única entrada de aire es a través de la puerta de acceso, lo que no favorece su renovación pero si la saturación toxica.

Se está contaminando el medio ambiente, ya sea en la colocación de amalgamas y especialmente en su remoción; los residuos van al alcantarillado, el cual, vierte sus aguas al río Huallaga y regresa al hombre como metilmercurio a través de la cadena trófica.

Existe un desconocimiento total del peligro que representa el mercurio a nivel laboral y ambiental, pues, el mismo es altamente tóxico, ya que emite vapores a temperatura ambiente, esto sumado a la energía cinética por la acción de la pieza de mano le imprime mayor presión al vapor de mercurio facilitándole su ingreso al organismo. Igualmente existe desconocimiento del uso de trampas para residuos de amalgamas

dentales, las cuales son utilizadas en los consultorios o clínicas dentales para la recolección de las mismas. Es por ello necesario que el personal debe estar informado acerca del riesgo ocupacional al cual está expuesto y de las medidas para prevenirlo y disminuirlo.

Finalmente se concluye que los profesionales del ejercicio odontológico no reciben educación ni capacitación para el manejo del mercurio en las amalgamas dentales.

## **RECOMENDACIONES**

Informar los resultados de la presente investigación a las diferentes entidades para motivarlos a capacitarse en la utilización de la amalgama dental como material restaurador y en su eliminación o extracción.

La facultad de odontología y formadoras de auxiliares de odontología, deben hacer énfasis de los riesgos en el ámbito personal, laboral y ambiental por la utilización del mercurio de las amalgamas dentales.

Los organismos de salud, deben educar e informar sobre los posibles riesgos en el uso inadecuado de las amalgamas dentales.

Realizar un estudio epidemiológico a nivel regional de toxicidad en los profesionales del área de odontología y uno acerca del impacto toxicológico ambiental por los residuos del mercurio de las amalgamas dentales, para obtener datos relevantes acerca de la temática.

## **IMPACTO ESPERADO**

Con el desarrollo de la presente investigación se espera que:

Los profesionales de la odontología, deben tener información veraz acerca de la toxicidad del mercurio y los riesgos a los cuales están expuestos al momento de su manipulación. Así mismo, crear conciencia y generar responsabilidad en el quehacer profesional del odontólogo con el manejo adecuado del mercurio en las amalgamas dentales.

Incluir en la carrera de odontología información básica para los estudiantes sobre los riesgos a los que están expuestos y formas de prevenir toxicidad laboral y ambiental.

Reducir la contaminación ambiental con mercurio por parte de la práctica odontológica.

Brindar información escrita o medio magnético, para dar conocer los resultados del estudio a entes privados y gubernamentales que trabajan en el área de la salud, en aras, a contribuir con estadísticas veraces que ayude a controlar o disminuir la problemática.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Khatib, IA, Monou, M., Mosleh, SA., Al-Subu, MM., Kassinos, D. 2010. Dental solid and hazardous waste management and safety practices in developing countries: Nablus district, Palestine. *Waste Manag. Res.* 436-444.
- Armida María Arrázola Díaz “El Mercurio En El Aire De Consultorios Y Clínicas Odontológicas En Cartagena Colombia” 2011.P.
- Anusavice, K., Phillips. 2004. la Ciencia de los Materiales Dentales. Barcelona España. *Elsevier S.A.* 1ª ed.
- Arenholt-Bindslev D. 1992. Dental amalgam--environmental aspects. *Adv Dent. Res.* 125-130
- Atesagaoglu A, Omurlu H, Ozcagli E, Sardas S, Ertas N. 2006. Mercury exposure in dental practice. *Oper. Dent.* 666-669.
- Barboni MT, Feitosa-Santana C, Zachy EC, Lago M, Teixeira RA, Taub A, da Costa MF, Silveira LC, Ventura DF. 2009. Preliminary findings on the effects of occupational exposure to mercury vapor below safety levels on visual and neuropsychological functions. *Occup. Environ. Med* 1403-1412
- Barregard, L., Sallsten, G., Jarvholm, B. 1995. People with high mercury uptake from their own dental amalgam fillings. *Occup. Environ. Med.* 124-128
- Björkman L, Lundekvam BF, Laegreid T, Bertelsen BI, Morild I, Lilleng P, Lind B, Palm B, Vahter M. 2007. Mercury in human brain, blood, muscle and toenails in relation to exposure: an autopsy study. *Environ. Health.* 6-30.

- Boening, D.W., 2000. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*. 1335-1351.
- Brown D, Sherriff M. 2002. Twenty years of mercury monitoring in dental surgeries. *Br. Dent. J.* 437- 441
- Castro, L., Cuestas, F., Fuentes, J., Gomez, U., Manrique, C., Arroyave, C. 2005. Guías para el Manejo de Pacientes Intoxicados. U. de A. Colombia Secretaria de Salud Departamental de Antioquia.
- Cabañero A.2009.Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales: desarrollo de nuevas metodologías de análisis. Tesis Doctoral Universidad Complutense Facultad de Ciencias Química, Madrid España.
- Chaari N, Kerkeni A, Saadeddine S, Neffati F, Khalfallah T, Akrouit M. Rev Stomatol Chir Maxillofac. 2009. Mercury Impregnation in dental assistants in Monastir city, Tunisia. *Rev.Stomatol Chir Maxillofac* 139-144.
- Chin G, Chong J, Kluczevska A, Lau A, Gorjy S, Tennant M. 2000. The environmental effects of dental amalgam. *Aust Dent J.* 246 -249
- Cliftan J. 2007. Exposición al mercurio salud pública. Elsevier Saunders. 237-264.
- Costa RD, Cossich ES, Tavares CR. 2008. Influence of the temperature, volume and type of solution in the mercury vaporization of dental amalgam residue. *Sci. Total. Environ.* 1-6.
- Cummings, J.L. 2004. Alzheimer's disease. *N Engl J Med.* 56-67.

- Ellingsen DG, Bast-Pettersen R, Efskind J, Thomassen Y. 2001. Neuropsychological effects of low mercury vapor exposure in chloralkali workers. *Neurotoxicology*. 249-258.
- El-Safty IA, Gadallah M, Shafik A, Shouman AE. 2002. Effect of mercury vapour exposure on urinary excretion of calcium, zinc and copper: relationship to alterations in functional and structural integrity of the kidney. *Toxicol. Ind. Health*. 377-388.
- Gaona. 2004. El mercurio como contaminante global. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Garetana G, Gochfeld M, Stern A. 2006. Comparison of Indoor Mercury Vapor in Common Areas of Residential Buildings with Outdoor Levels in a Community Where Mercury Is Used for Cultural Purpose. *Environmental Health Perspectives*.
- Gioda A, Hanke G, Elias-Boneta A, Jiménez-Velez B. 2007. A pilot study to determine mercury exposure through vapor and bound to PM10 in a dental school environment. *Toxicol. Ind. Health*. 103-113.
- Goldwater Leonard J. "Mercurio, una historia de Quicksilver" Libro editado en 1972
- Gutiérrez M. 2008. Guías para el Manejo de Urgencias Toxicológicas, *U.N. de Colombia. Ministerio de Protección Social*. 255-259.

- Hilt B, Svendsen K, Syversen T, Aas O, Qvenild T, Sletvold H, Melø I. 2009. Occurrence of cognitive symptoms in dental assistants with previous occupational exposure to metallic mercury. *Neurotoxicology*. 1202-1206.
- Houeto P, Sandouk P, Baud FJ, Levillain P. 1994. Elemental mercury vapour toxicity: treatment and levels in plasma and urine. *Hum. Exp. Toxicol.* 848-852.
- Hylander LD, Lindvall A, Gahnberg L. 2006. High mercury emissions from dental clinics despite amalgam separators. *Sci. Total. Environ.* 74-84.
- Jarosińska D, Horvat M, Sällsten G, Mazzolai B, Dabkowska B, Prokopowicz A, Biesiada M, Barregård L. 2008. Urinary mercury and biomarkers of early renal dysfunction in environmentally and occupationally exposed adults: a three-country study. *E. Environ. Res.* 224-232.
- Jokstad A, Fan PL. 2006. Amalgama de gestión de residuos. *Int Dent J.* 147-153.
- Kao RT, Dault S, Pichay T. 2004. Understanding the mercury reduction issue: the impact of mercury on the environment and human health. *J. Calif. Dent. Assoc.* 574-579.
- Kennedy CJ. 2003. Uptake and accumulation of mercury from dental amalgam in the common goldfish, *Carassius auratus*. *Environ. Pollut.* 321-326.

- Langworth S, Sällsten G, Barregård L, Cynkier I, Lind ML, Söderman E. 1997. Exposure to mercury vapor and impact on health in the dental profession in Sweden. *J. Dent. Res.* 1397-1404.
- M al-Shraideh, al-Wahadni A, S Khasawneh, al-MJ Shraideh. 2002. La carga de mercurio en las aguas residuales liberadas de clínicas dentales. *SADJ.* 213-215
- Morales Fuentes, I. and R. Reyes Gil. 2003. Mercury and health in the dental practice. *Rev. Saude Pública.* 266-272.
- Mutter J, Naumann J, Schneider R, Walach H . 2007. Mercury and Alzheimer's disease. *Fortschr. Neurol. Psychiatr.* 528-538.
- Mutter J, Naumann J, Walach H, Daschner F. 2005. Amalgam risk assessment with coverage of references up to 2005. *Gesundheitswesen,* 204-216.
- National Mercury Programs. 2001. Canada-wide standards: a pollution prevention program for dental amalgam waste. *J. Can. Dent. Assoc.* 2703.
- Olivero, J. 2002. Programa de Desarrollo Sostenible de la región de la Mojana. Informe Técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. P. 76
- OMS, Informes de la Organización Mundial de la Salud 2005

- Paksoy CS, Görgün S, Nalçacı R, Yagbasan A. 2008. Assessment of blood mercury levels in practicing Turkish clinicians, dental students, and dental nurses. *Quintessence Int.* 173-178.
- Pereira HA, Iano FG, da Silva TL, de Oliveira RC, de Menezes ML, Buzalaf MA. 2010. Recovery of silver residues from dental amalgam. *J Appl Oral Sci.* 121-126.
- Petrucci, F. and B. B, Epidemiology. 2007. Immunotoxicology, Strategies for Testing and Prevention Giovanni Forte. *Inflammation & Allergy - Drug Targets.* 145-162
- Pranjić N, Sinanović O, Jakubović R. 2003. Chronic psychological effects of exposure to mercury vapour among chlorine-alkali plant workers. *M. Med. Lav.* 531-541.
- Ramírez A. 2008. Intoxicación ocupacional por mercurio. *An. Fac. med.* 46-51
- Ritchie KA, Burke FJ, Gilmour WH, Macdonald EB, Dale IM, Hamilton RM, McGowan DA, Binnie V, Collington D, Hammersley R. 2004. Mercury vapour levels in dental practices and body mercury levels of dentists and controls. *Br Dent. J.* 625-632.
- Ruiz C, Jairo et al. 2005. Manejo de la amalgama dental en consultorios odontológicos pequeños y medianos de Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.* 59-69.

- Ruiz JA, Gómez GJ, Durán CJ, Villa VM, Zapata LA, Parra CM, et al. 2008. Contribución de las condiciones locativas y ambientales al riesgo de contaminación con mercurio en las entidades odontológicas de Antioquia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.* 164-168. Rutowski J, Moszczyński P. 2006. Selected markers of subclinical renal damage in men occupationally exposed to mercury vapours. *P. Przegl. Lek.* 65-73.
- Stone ME, Cohen ME, Debban BA. 2007. Mercury vapor levels in exhaust air from dental vacuum systems. *Dent. Mater.* 527-532.
- Stonehouse CA, Newman AP. 2001. Mercury vapour release from a dental aspirator. *Br. Dent. J.* 558-560.
- Takahashi Y, Tsuruta S, Hasegawa J, Kameyama Y, Yoshida M. 2001. Release of mercury from dental amalgam fillings in pregnant rats and distribution of mercury in maternal and fetal tissues. *Toxicology.* 115-126.
- Vandeven JA, McGinnis SL. 2004. Cost-effectiveness of removing amalgam from dental wastewater. *J. Calif. Dent. Assoc.* 564-573.
- WHO, Inorganic mercury, in Environmental Health Criteria No 118. 1991, WHO: Geneva.

**Anexo A.**

**SIGLAS Y ABREVIATURAS**

Hg

Mercurio

CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>

Metilmercurio

EPA

Agencia de Protección del Medio

Ambiente de los Estados Unidos..

OMS

Organización Mundial de la Salud..

ng/m<sup>3</sup>

Nanogramos por metro cúbico de  
aire (peso/volumen)

DIRESA

Dirección Regional de Salud

**Anexo B. Concentraciones de mercurio medidos en el aire de diferentes centros odontológicos de la ciudad de Huánuco.**

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 1	1	1145	1	819	1	992	1
	2	1108	8	798	1	939	1
	3	1014	4	619	5	790	0
	4	1115	9	763	8	763	8
	5	1205	10	769	1	768	0
<b>Temperatura Promedio</b>		21°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 2	1	1080	3	992	4	673	1
	2	893	2	618	3	769	2
	3	1095	5	714	1	661	1
	4	1202	10	583	4	593	2
	5	1212	5	472	3	685	1
<b>Temperatura Promedio</b>		20°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 3	1	2119	4	2192	0	2074	4
	2	2115	4	2186	4	2081	3
	3	2135	0	2204	0	2112	1
	4	2145	5	2216	0	2079	0
	5	2153	0	2212	0	2079	0
<b>Temperatura Promedio</b>		20°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 4	1	5836	8	2631	2	2893	0
	2	9010	6	2593	3	2439	3
	3	7050	5	8239	1	2125	0
	4	5057	10	2026	1	2120	1
	5	5335	7	2175	0	2116	0
<b>Temperatura Promedio</b>		22°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 5	1	2963	4	2217	4	2500	4
	2	2854	6	2215	1	2554	3
	3	4462	8	2213	3	2584	1
	4	4263	9	2235	2	2587	4
	5	7059	10	2217	0	2598	1
<b>Temperatura Promedio</b>		23°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 6	1	3629	4	1249	1	1248	0
	2	3900	0	2358	10	1255	0
	3	1694	4	2227	8	2351	0
	4	2069	10	2730	3	2321	1
	5	1939	9	2733	0	2363	0
<b>Temperatura Promedio</b>		23°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 7	1	7961	8	2144	4	2252	7
	2	7046	4	2084	6	2182	3
	3	4225	9	2083	6	2203	0
	4	8716	10	2089	4	2185	1
	5	7083	9	2117	3	2178	2
<b>Temperatura Promedio</b>		19°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 8	1	3336	8	2520	1	2063	2
	2	3479	9	2653	5	2108	0
	3	3038	7	2337	0	1981	6
	4	3622	10	2584	1	1862	0
	5	2880	3	2098	2	1849	7
<b>Temperatura Promedio</b>		21°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 9	1	2555	10	2069	0	2060	0
	2	2624	7	3561	10	2140	0
	3	2892	7	2875	10	2135	0
	4	2977	2	2599	10	2150	0
	5	3060	6	2484	3	2138	0
<b>Temperatura Promedio</b>		21°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 10	1	164	4	99	3	99	8
	2	155	2	90	6	90	2
	3	67	4	97	5	96	2
	4	176	3	98	10	96	3
	5	117	6	111	5	95	3
<b>Temperatura Promedio</b>		23°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 11	1	301	10	324	6	200	8
	2	275	8	336	5	291	6
	3	311	3	302	8	333	1
	4	241	4	294	3	334	2
	5	243	1	255	10	332	1
<b>Temperatura Promedio</b>		25°C					

Lectura (ng de Hg/ m3)							
	Medición	Escupidera	(R%)	Mesón de Trabajo	(R%)	Ambiente del Sitio	(R%)
Consultorio 12	1	382	8	362	0	387	6
	2	367	3	378	4	378	0
	3	380	7	380	1	382	0
	4	352	6	379	1	374	1
	5	364	4	365	0	345	1
<b>Temperatura Promedio</b>		24°C					